ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN IV OCTUBRE 1945 NUMERO 16

El control químico de las plagas

El hombre, a igual que el resto de la Creación vivente, está en continua lucha por las necesidades de la existencia. Ciertas clases de bacterias, por ejemplo, aunque sean insignificantes individualmente, pueden destruirle tan sólo por su superioridad numérica. Las cosechas, de las cuales depende para su sustento, están abiertas a cualquier ataque por parte de ejércitos de organismos que con él compiten, o bien pueden ser destruídas por ciertas plagas o por el exuberante florecimiento de las malas hierbas. Innumerables variedades de insectos son también contrarios al desarrollo de la vida humana o a su florecimiento. Algunos de ellos, como la langosta o las termites, devoran sus alimentos o destruyen sus propiedades; otros, tales como los mosquitos y los piojos, son peligrosos conductores de enfermedades. Las ratas, ratones y otras sabandijas causan enormes daños de semejante manera, y el antiquísimo problema del control de todas estas pestes está aún parcialmente sin resolver.

El progreso de la Química ha dado nuevo poder a una de las armas más antiguas de que ha dispuesto el hombre para su protección: el veneno. La elaboración y aplicación de substancias venenosas data de época antiquísima; los venenos usados por nuestros antepasados eran principalmente de origen natural, incluyendo los compuestos de plomo y arsénico, los venenos viperinos, y los extractos de ciertas plantas, como la cicuta. Es también sabido que los griegos, segun Homero, usaban el bióxido sulfúrico como fumigante.

Hay en esa lista algunos venenos de gran poder, pero su aplicación era, y lo sigue siendo, muy limitada debido a que su acción no puede discriminarse. El siglo diecinueve nos trajo un gran adelanto con el descubrimiento de venenos de acción específica. Pocos descubrimientos ha habido de mayor importancia que éste, aunque, como muchas veces sucede, no fué rápido el progreso subsecuente. Se investigaron millares de venenos, incluyéndose los colorantes, sin que por muchos años se pudiese realizar descubrimiento alguno de valor, con la excepción del de la atebrina, que posee una acción específica contra el trepanosoma de la malaria. Sin embargo, en la última decada el control de las pestes bactéricas ha quedado enormemente fortalecido con el descubrimiento en primer lugar de las sulfonamidas, y más recientemente con el de la penicilina.

El valor de tales descubrimientos estriba no sólo en su inmediata aplicación sino también en que son prueba evidente de que la búsqueda de venenos específicos ofrecía grandes posibilidades de éxito. Se abrió así nuevo campo a la investigación química, campo que ya ha empezado a producir ricas cosechas. En el presente número publicamos un artículo del Dr R. E. Slade en el cual se describen ciertos aspectos de las tareas llevadas a cabo en dicho trabajo. Dato interesante es el que se hayan descubierto ciertos venenos específicos para ciertas plantas, venenos que han sido ya aplicados en la agricultura para la destrucción de las malas hierbas. Se observó que ciertos compuestos utilizados para acelerar el crecimiento, aliados químicamente al ácido acético naftil-alfa, producen un poderoso efecto contrario cuando se les aplica en gran concentración. Una de dichas substancias, la metoxona, se produce hoy comercialmente, siendo de valor considerable para librar de ciertos jerbajos, especialmente de la mostaza silvestre, a las cosechas de cereales, sobre los que apenas produce efecto alguno.

El pyrethrum y el derris nos ofrecen ejemplos de venenos naturales con acción específica contra los insectos. Se les han añadido durante los últimos años las substancias sintéticas D.D.T.

La mayoría de los venenos específicos conocidos hasta ahora fueron descubiertos bien por pura

casualidad o bien como resultado de la laboriosa investigación de millares de compuestos distintos, con la esperanza de encontrar, más tarde o más temprano, entre ellos algunos que pudieran ser de utilidad. Uno de los factores más necesarios en esta rama de la investigación química es un método más lógico de trabajo; lo cual sólo puede obtenerse si se llega a comprender mejor el mecanismo de la toxicidad específica, y nos es satisfactorio señalar que ya se ha realizado cierto avance en dicha dirección. Parecen existir indicios, en verdad, de que ciertos venenos específicos actúan en virtud de su semejanza química con otras substancias que tienen un importante papel en el metabolismo de la víctima. Una de tales substancias es el ácido *p*-aminobenzoico, con el que las sulfonamidas tienen un cierto parecido estructural. Fildes y Woods han sugerido que la acción tóxica de las sulfonamidas puede explicarse mediante la suposición, por asi decirlo, de que su estructura molecular las permite funcionar como llaves falsas que entran y descomponen cerraduras cuyas llaves propias son las moléculas del ácido *p*-aminobenzoico. Al apoderarse del lugar que corresponde a este ácido en una reacción celular perturban y paralizan el curso normal del metabolismo. Y de una manera semejante, se ha dicho que la acción tóxica del gamexano puede ser atribuída a su semejanza estructural con la forma natural del inositol. Estas hipótesis son aún de un caracter altamente especulativo, pero ofrecen una posibilidad de ataque y pueden conducirnos gradualmente a una comprensión creciente del modo—o modos—de actividad tóxica específica.

El progreso podrá ser rápido o lento, pero es evidente que el descubrimiento de venenos específicos nos aproxima a una época en la cual será cada vez más posible desembarazarse o controlar las plagas por medio de agentes químicos. Dicha posibilidad, a primera vista, se nos aparece como algo maravilloso: campos y jardines sin mala hierba, graneros y almacenes sin roedores, cada enfermedad bacteriana con su correspondiente antídoto químico. Con todo, es preciso ser precavidos y reconocer que pueden existir ciertos peligros. El Hombre ocupa un lugar dentro de un sistema complejo de organismos interdependientes, entre los que existe un estado muy semejante al de equilibrio dinámico. Se encuentra ahora en posesión de ciertos medios que pueden alterar radicalmente varios factores de dicho sistema, y sucumbe a la natural tentación de emplearlos para conseguir lo que el cree ha de serle ventajoso. Y sin embargo, aunque los efectos inmediatos del ejercicio de tal control puedan ser favorables, el conocimiento humano es todavía demasiado limitado para que podamos estar ciertos de que los efectos últimos han de continuar siendo favorables. Por el contrario, es lógico concebir que la destrucción de una plaga pueda producir el aumento de otra que servía de alimento a la primera; ya que, segun Augusto de Morgan dice:

> « Las pulgas tienen pulgas que las pican,
> y éstas, otras; y así hasta el infinito
> pulguitas a pulgones mortifican ».

Toda intromisión en el equilibrio natural va siempre acompañada de mayor o menor peligro; no se requiere gran imaginación, por ejemplo, para concebir las consecuencias últimas de la destrucción de las bacterias nitrogenizantes del suelo. Desastre tan completo es de difícil realización, pero otros de menor categoría aunque del mismo género podrían tener suficiente gravedad, y su realización es muy posible si el control químico de las plagas se llega a poner en efecto sin la discreción e investigación preliminar debidas.

Las conclusiones generales son evidentes, como es natural, si se piensa en ello; pero, desgraciadamente, no parece este asunto recibir la seria atención que le es debida. Y así, no es enteramente improbable que el uso futuro de los venenos selectivos produzca un cambio en el aspecto de la naturaleza viviente mayor que cualquiera otro derivado de la aplicación del conocimiento científico. Y sería trágico que el uso prematuro o irreflexivo de descubrimientos que encierran enorme potencialidad de beneficios los convirtiese en fuente de daños y destrucción.

Los trabajos y la correspondencia deberán ser enviados al director: E. J. Holmyard, c/o Imperial Chemical Industries Limited, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1. Se invita a los investigadores ocupados en trabajos de carácter interesante o importante a enviar notas breves sobre los trabajos en curso y los resultados obtenidos.

La medida del tiempo

SIR HAROLD SPENCER JONES

Los recientes progresos de la Física requieren una elevadísima precisión en la medida del tiempo. En el presente artículo, el Astrónomo Real describe la forma en que la evolución de nuevos métodos astronómicos para el establecimiento de patrones horarios, y la creación de nuevos tipos de cronómetros capaces de registrar el paso del tiempo con un error diario que no excede de una décima de milisegundo, han servido para cumplir dicho objeto.

Tres son las cantidades dimensionales fundamentales de la Física: masa, longitud, y tiempo; y existe entre la última y las otras dos una diferencia esencial. Es posible establecer patrones materiales y permanentes para la medida de masa y longitud, y su comparación con otras masas y longitudes; pero es imposible concebir un patrón-tiempo permanente, esto es: invariable. Podría utilizarse para ello cualquier fenómeno que se repita con absoluta regularidad, siempre que estuviese acompañado de un mecanismo contador, obteniéndose así una especie de reloj perfecto que nos sirviese de módulo de tiempo permanente.

Sin embargo, este reloj perfecto sólo puede existir idealmente, en teoría. Por ello, todo reloj utilizado para la medición del tiempo necesita estar regulado a intérvalos frecuentes, si se requiere cierta precisión en la medida del tiempo absoluto o de los intérvalos del mismo.

Pero entonces, ¿qué nos ha de servir de patrón para regular los relojes y ofrecernos, por lo tanto, el módulo básico del tiempo? La rotación de la Tierra sobre su eje nos da la unidad fundamental para la medida del tiempo: el día. Asumimos, por lo tanto, que dicha unidad es invariable, aunque, como más adelante veremos, tal presunción no es enteramente correcta. Ahora bien, el día puede definirse de diversas maneras. Podemos elegir cualquier punto de referencia conveniente — que bien puede ser el Sol, o una estrella, o cualquiera punto imaginario, o bien un cuerpo — y definir entonces el día como el intérvalo entre dos tránsitos sucesivos de dicho punto por un mismo meridiano. La longitud del día dependerá, por tanto, de la elección del particular punto de referencia; si dicho punto posee una moción no uniforme, la longitud del día ha de ser variable.

Cuando se elije el Sol como punto de referencia, el día así definido se llama día solar, aparente o verdadero. El día solar aparente no es de longitud uniforme, ya que la velocidad de la moción aparente diurna del Sol alrededor del eje terrestre no es uniforme. Lo cual se deriva, en parte, de la variación de la distancia entre la Tierra y el Sol, y en parte del hecho de que el eje de rotación de la Tierra no es perpendicular a la órbita de la misma. La variación es considerable; a finales de Diciembre, pongamos por caso, el día solar aparente es unos 50 segundos más corto que a mediados de Septiembre. Un reloj de regular precisión es más exacto. De donde que el día solar aparente no nos sirva para las necesidades diarias. Se imagina por lo tanto la existencia de un Sol ficticio que se mueve de manera uniforme en el ecuador con una moción igual a la moción media del Sol verdadero. El día solar medio es el intérvalo entre dos tránsitos sucesivos de este Sol medio por un mismo meridiano; es el día común de la vida ordinaria. El tiempo determinado por este Sol medio es conocido como tiempo solar medio, o tiempo medio, simplemente.

Pero en la práctica, la determinación del tiempo ha de hacerse por medio de las estrellas. El instante del tránsito del Sol, debido a su tamaño y brillantez, no puede determinarse con la exactitud con que podemos registrar el paso de una estrella. El intérvalo entre dos tránsitos sucesivos de una estrella fija se llama día sidéreo y coincide con el verdadero período de la rotación axial de la Tierra. Es unos cuatro minutos más corto que el día solar medio, ya que la Tierra, en el curso de una rotación, se mueve aproximadamente un grado en su órbita en relación con el Sol; dedúcese de ello que la tierra ha de girar aproximadamente unos 361 grados entre dos tránsitos sucesivos del Sol medio.

Realmente, sin embargo, el día sidéreo se define por los tránsitos sucesivos, no de una estrella, sino del equinoccio vernal, el punto celeste en el que la eclíptica cruza el ecuador de sur a norte. Es necesario definir así el día sidéreo para poder realizar la conversión del tiempo sideral a tiempo

medio. Pero el equinoccio tiene una moción anual retrógrada a lo largo de la eclíptica de unos 50 segundos que resulta de la moción precesional del eje terrestre. Por ello, el día sidéreo tal como va definido es 0,009 segundos más corto que el período verdadero de la rotación de la Tierra, equivaliendo realmente a 23 horas 56 minutos 4,091 segundos de tiempo solar medio.

El tiempo medio se deriva del tiempo sideral de la siguiente manera. El intérvalo, medido en tiempo sidéreo, entre el tránsito del equinoccio vernal y el tránsito de un cuerpo, se denomina la rectascensión de dicho cuerpo, formando una de las coordenadas que se usan para definir la posición del cuerpo en el cielo: la otra es su declinación, o distancia angular, norte o sur, del ecuador. De ello se deduce que como el tránsito del equinoccio vernal se produce a las 0 horas de tiempo sideral, el tiempo sideral en que se produce el tránsito del cuerpo en cuestión es igual a su rectascensión. Pero el tránsito del Sol medio se produce al mediodía medio, y de aquí que el tiempo sideral al mediodía medio sea igual a la rectascensión del Sol medio, que puede calcularse y viene dada, para cada medianoche, en el *Nautical Almanac*. De donde que una vez que se haya determinado el tiempo sideral, el instante del mediodía medio puede también hallarse; o en otras palabras, que es posible la conversión del tiempo sideral al tiempo medio.

Pero existe una cierta complicación. La moción del equinoccio vernal no es uniforme, ya que existe, superimpuesta a la moción cónica o precesional del eje de la Tierra, otra moción oscilante o de nutación que se deriva de ciertas perturbaciones producidas por el Sol y la Luna. Hay que introducir por lo tanto la ficción de un *equinoccio medio* cuya moción es uniforme e igual a la del equinoccio verdadero. La diferencia entre el tiempo sideral aparente y el medio no es muy grande; en realidad tal distinción no se ha tenido en cuenta más que durante los últimos veinte años. Dicha diferencia puede alcanzar unos 1,2 segundos en más o en menos. La parte mayor de dicha diferencia, $\pm$ 1,06 segundos, tiene un período de 18 años, el período de revolución de los nodos de la órbita lunar. Sin embargo, los componentes del período más breve son de mayor importancia en la medida precisa del tiempo, aunque sean mucho menores en magnitud. Los términos principales son un término semestral, de unos $\pm$ 0,080 segundos, y un término con un período de un medio mes lunar que, en combinación con otros términos menores alcanza a unos $\pm$ 0,020 segundos. La precisión de los cronómetros modernos requiere que se tengan en consideración términos tan pequeños. El *Nautical Almanac* presenta en forma de tablas el tiempo sideral aparente para cada día, con las diferencias entre el tiempo sideral aparente y el medio, diferencia denominada la nutación en la rectascensión.

Si determinamos el instante del tránsito meridiano de una estrella cuya rectascensión sea conocida, el tiempo sideral resultará también conocido. Esta es la base de la determinación del tiempo. En la práctica, realmente, la medida del tiempo se reduce a la determinación del error, y del cambio producido en dicho error en 24 horas, del cronómetro sideral patrón. Al darnos dicho instrumento la hora en que una estrella de rectascensión conocida tiene su tránsito, conocemos la hora de un instante definido del tiempo sideral, y podemos así determinar el error que pueda haber en el cronómetro. Si repetimos la observación durante la noche siguiente, hallamos la llamada variación del cronómetro. Para reducir el efecto de los posibles errores de observación, toda determinación de la variación de un reloj está basada en la observación de unas 16 ó 20 estrellas.

Las observaciones para la determinación horaria se hacen por lo común con un instrumento de tránsito:— un telescopio sostenido por un eje horizontal con dirección Este-Oeste que le permite moverse en el plano del meridiano. Cuando se le enfoca en una estrella que está a punto de su tránsito meridiano se puede observar dicha estrella moviéndose por el campo de visión; la velocidad de dicha moción depende de la distancia polar de la estrella. Para determinar el paso exacto por el meridiano se requiere un cronógrafo, que en el método antiguo de observación consistía de una serie de hilos de araña colocados verticalmente, en el plano focal del objetivo: cuando la estrella cruza uno de estos hilos, el observador oprime una palanca montada en el teslecopio, la cual cierra un circuíto eléctrico que envía una señal al cronógrafo. El reloj patrón, simultaneamente, envía también señales al cronógrafo; ambas señales quedan registradas sobre un tambor giratorio o cinta que permite la lectura posterior de dichas señales. Como se conoce la posición y distancia entre los hilos de la rejilla, la hora del tránsito meridiano puede inferirse de la hora de tránsito por cada hilo, adoptándose una hora media como la hora de tránsito observado.

Tales observaciones dependen de un modo

considerable en lo que se llama «ecuación personal». Un observador enviará la señal eléctrica en el momento en que ve a la estrella biseccionada por el hilo, mientras que otro, por el contrario, disparará, por así decirlo, antes de tiempo. Se ha observado que pueden ocurrir diferencias sistemáticas entre diversas personas que pueden alcanzar hasta medio segundo, aun en el caso de observadores competentes. De aquí que el llamado micrómetro impersonal se halle en uso en la actualidad para todas las determinaciones horarias. En lugar de una rejilla de hilos fijos, hay sólo un hilo fijado a un marco movible que, movido transversalmente por el observador por medio de un tornillo, sigue a la estrella, cuya imagen permanece biseccionada por el hilo. El movimiento transversal de éste se registra en un cronómetro, pudiéndose así determinar el momento del tránsito. Las ecuaciones personales de los diferentes observadores sólo arrojan, con esta especie de cronómetro, diferencias de dos o tres centésimas de segundo, mejorándose todavía dicha exactitud por medio de un refinado mecanismo que evita al observador la exagerada atención necesaria para mover el hilo de una manera uniforme, manteniendo constantemente a la estrella en bisección, y que consiste en la translación mecánica del marco a una velocidad aproximada a la de la imagen de la estrella.

Es necesario aplicar a todas estas observaciones una cierta cantidad de correcciones, las más importantes son: nivel, azimut y colimación, y la de la figura de los pivotes. Todos estos errores, con excepción del último, están sujetos a cambios diarios y anuales y deben ser cuidadosamente regulados. Es usual utilizar para la determinación horaria un instrumento reversible de poco tamaño, el cual, al aproximarse el momento del paso por el meridiano de la estrella, cuando se ha observado la mitad de su tránsito, se hace girar sobre su eje, observándose la segunda mitad del tránsito en la posición inversa. Se elimina así la corrección de colimación; pero no se puede entonces determinar el error de nivel por medio de una observación de nadir con un horizonte de mercurio, ya que para ello se requiere conocer la colimación. De aquí el empleo de un nivel de monta de burbuja muy sensible, pero esto también tiene sus desventajas, siendo en realidad la dificultad de determinar con precisión el error de nivel y sus variaciones una de las principales limitaciones en la precisión de las observaciones. El error probable de una sola determinación horaria, basada en la observación de unas dieciseis estrellas con uno de estos pequeños telescopios reversibles alcanza, cuando menos, unos $\pm$ 0,010 segundos. Y cuando se trata de ofrecer un servicio exacto de determinación horaria es necesario esforzarse por conseguir la máxima reducción posible en todo error.

Tal reducción ha sido obtenida en el Observatorio Naval de Washington por medio de la ingeniosa aplicación de un telescopio cenital fotográfico, originariamente diseñado por el Dr F. E. Ross para la determinación de la variación de latitud. El principio sobre que se basa dicho instrumento es el del tubo cenital de reflexión diseñado por Airy y en uso durante largos años en el *Royal Observatory* de Greenwich para la determinación de la variación de la latitud. El telescopio se halla en una posición fija, apuntando hacia el cénit. Los rayos convergentes de luz que pasan desde el objetivo se reflejan por medio de un horizonte de mercurio cuya posición está ajustada de manera que el plano focal pase por el segundo punto principal de Gauss del objetivo. Cuando se cumple dicha condición ajustadamente, las posiciones de las imágenes de la estrella son independientes del error de nivel y de sus variantes. En el instrumento de Ross el punto de Gauss se halla bajo el objetivo, habiéndose colocado el componente « flint » de reflexión en la parte superior. Mediante dicha separación de ambos componentes se aumentó la distancia entre el punto de Gauss y el objetivo lo suficiente para permitir la colocación de una placa fotográfica en el plano focal principal. Se pueden obtener imágenes redondas de las estrellas mediante una exposición suficientemente larga y la translación de la placa a una velocidad apropiada. Tanto el objetivo como la placa pueden girar en 180°. Obteniendo dos exposiciones de una estrella en instantes equidistantes de su tránsito meridiano, y habiéndose hecho girar el objetivo en el intérvalo en un ángulo de 180°, se puede inferir el instante del tránsito meridiano. Supongamos que T_0, T_1, T_2 denoten el tiempo requerido para el tránsito meridiano y los tiempos medios de ambas exposiciones respectivamente, y que x_1, x_2 denoten las distancias en milímetros de las dos imágenes registradas en la placa hasta el plano meridiano. Si s indica la escala de la placa, expresada en segundos-tiempo por milímetro, tendremos que

$$T_1 + x_1 s = T_0 = T_2 - x_2 s,$$

dándonos: $2T_0 = T_1 + T_2 + s(x_1 - x_2)$.

La separación de las dos imágenes en la dirección de la rectascensión $(x_1 - x_2)$ puede medirse

por medio de un micrómetro, y T_1 y T_2 quedan registradas cronográficamente contra las señales del reloj patrón de modo que el tiempo, por dicho reloj, del tránsito meridiano de la estrella queda determinado.

Este método de determinación horaria ofrece muchas ventajas. El telescopio se halla fijo en una posición única en vez de tener que apuntarse en una dirección diferente para cada estrella que se quiera observar; las observaciones tienen lugar en el cénit, donde son más favorables las condiciones; el uso de la fotografía evita la introducción de las imprecisas « ecuaciones personales »; los efectos del error de nivel quedan eliminados, y los de otros errores reducidos a un mínimo. El error probable en la determinación horaria por medio de la observación de una sola estrella no excede de unos $\pm$ 0,010 segundos; y el término medio de todas las observaciones realizadas durante una noche nos da una hora con un error probable de 2 o 3 milésimas de segundo solamente.

Un telescopio cenital fotográfico de mejorado diseño se halla hoy en construcción para ser instalado en el Royal Observatory de Greenwich. Constará de un objetivo de 25 cm de apertura, lo que permitirá una amplia selección de estrellas para observación. La placa irá movida, durante la exposición de las estrellas, con una velocidad uniforme regulada por un reloj de cuarzo que señala milésimas de segundo.

Pero cualquiera que sea el método usado para la determinación horaria es siempre necesario conocer la rectascensión de las estrellas bajo observación. La determinación de un sistema exacto de rectascensiones que comprenda toda la bóveda celeste es de una enorme dificultad. Los resultados obtenidos mediante el uso de un gran número de instrumentos se combinan y coordinan para formar lo que se denomina un Catálogo fundamental, y las posiciones dadas en este Catálogo sirven para la determinación horaria con instrumentos de tránsito. Con el telescopio fotográfico cenital el campo de observación queda reducido a una estrecha faja de firmamento en la región del cénit; ciertas estrellas de mínima magnitud que no van contenidas en el Catálogo fundamental han de ser, por lo tanto, observadas. Es preciso realizar observaciones especiales con un instrumento de tránsito para relacionar la posición de dichas estrellas con el sistema fundamental. Las posiciones así obtenidas son comprobadas por medio de los resultados de las observaciones del telescopio cenital.

La posición aparente de una estrella puede estar influída por aberración, precesión, nutación, paralaje estelar (que puede ser despreciado excepto en el caso de las estrellas más cercanas) y la moción propia de la estrella. En cuanto a las estrellas contenidas en el Catálogo fundamental, el *Nautical Almanac Office* del Royal Observatory publica anualmente sus lugares aparentes, con un intérvalo de 10 días, basados en las computaciones de los departamentos de efemérides de los Estados Unidos, Francia, Alemania y España. Para la determinación horaria es preciso interpolar el lugar aparente con la hora de observación. Los lugares aparentes de las estrellas debilísimas observadas con el telescopio fotográfico cenital no están publicados, y es preciso, por lo tanto, computarlos especialmente.

Una determinación horaria nos da el error del reloj, utilizado para la comparación con las observaciones, en un instante determinado. Pero la determinación horaria está también, en sí misma, sujeta a error. Cuando se ha determinado el error del reloj en un número sucesivo de noches, se puede establecer una curva gráfica para relacionarlas lo más estrechamente posible y poder entonces interpolar el error cronométrico para cualquier hora intermedia. Este procedimiento se basa en la suposición de que el error del reloj varía de una manera regular. Pero para poder presentar al público una hora precisa por medio de la distribución de señales horarias es necesario poder predecir el error cronométrico en un instante futuro, lo cual es un proceso de extrapolación. Pueden transcurrir varios días sin que sea posible realizar determinación alguna de la hora, y si la marcha del reloj patrón es muy irregular, los errores cronométricos extrapolados pueden alcanzar enormes variaciones. De aquí que todo observatorio dedicado a la determinación y publicación de la hora fija necesite hallarse equipado con relojes de la mayor precisión posible.

Los relojes de péndulo de mayor precisión son los del tipo de péndulo libre *Shortt-Synchronome*, con los cuales se cumple el sueño dorado de los horologistas, que consiste en hacer recaer sobre un instrumento cronométrico auxiliar la tarea toda de impulsar un sistema de ruedecillas para registrar la hora en una esfera y para enviar las señales; este cronómetro va regulado por el reloj patrón, cuyo péndulo oscila libremente, sin complicación alguna, excepto por los impulsos periódicos necesarios para mantener su balanceo. En el reloj a péndulo libre del tipo *Shortt-Synchronome*, el cronómetro auxiliar está regulado de manera tal que se retrase seis segundos por día,

de modo que el proceso de sincronización por medio del reloj patrón se reduce a una acción simple que consiste en la aceleración del reloj auxiliar. La parte esencial del mecanismo de sincronización es el sincronizador de toque, que consiste en la armadura de un diminuto electroimán, animado cada medio minuto por una corriente cuyo circuíto cierra el reloj patrón, la cual armadura puede engancharse en la rebaba de un resorte montado sobre el péndulo del reloj auxiliar. Cuando se produce dicho enganche, el resorte se comprime y el péndulo auxiliar queda acelerado en 1/240 de segundo. Sin embargo, dicho enganche no se produce más que cuando el péndulo auxiliar va retrasado en relación con el péndulo patrón. Como el módulo de retraso del reloj auxiliar, a 6 segundos por día, alcanza sólo 1/480 de segundo por cada medio minuto, que es el lapso de tiempo entre corriente y corriente por el sincronizador, se deduce que cuando éste funciona normalmente el sincronizador toca y falla alternativamente.

En 1924 se instalaron en Greenwich relojes como el descrito. El péndulo libre va montado en una vitrina herméticamente cerrada y mantenida a temperatura constante. La presión dentro de la vitrina se reduce a la de 2,5 cm de mercurio para disminuir los efectos de la resistencia del aire. Se ha comprobado que con todas estas precauciones, la exacitud del reloj llega a sólo un error de una o dos centésimas de segundo por día. La experiencia deducida del uso de dichos relojes en Greenwich mostró que la variación en el módulo de error se podía atribuír en parte al hecho de no considerar en la nutación los términos de período corto, demostrándose así la necesidad de establecer una distinción entre la hora sideral aparente y la hora sideral media.

Entretanto, el desarrollo del oscilador normal controlado por osciladores de cristal de cuarzo, demostró que un tal instrumento tenía un funcionamiento de mayor precisión que el péndulo libre. Al tener el Royal Observatory la responsabilidad del Servicio horario para la Gran Bretaña, tiene también la obligación de hacer frente a todas las necesidades de exactitud y justeza en el cumplimiento de dicho servicio.

El cronómetro de cristal de cuarzo se basa en la propiedad piezo-eléctrica del cuarzo, según la cual al aplicar cierta presión contra las caras opuestas de una pieza del cristal, aparecen en los planos normales a los presionados cargas eléctricas de signo contrario. Y de opuesta manera, si el cristal se coloca entre dos placas con carga eléctrica, la una positiva y negativa la otra, el cristal se expande o se contrae en una dirección perpendicular a la de la aplicación de las cargas eléctricas. Si las placas de metal se hallan conectadas en un circuíto de corriente alterna de modo que el voltaje de las placas se halla en contínuo estado de reversión, el cristal de cuarzo se encontrará en un contínuo estado de vibración. Cuando la frecuencia de la alternación se aproxima a la frecuencia de resonancia natural del cristal de cuarzo, esta última impone el módulo a aquella, a consecuencia de lo cual la frecuencia del circuíto alterno, que es relativamente inestable, se mantiene con marcada estabilidad.

Los relojes de cuarzo instalados en el Royal Observatory han sido diseñados y construídos por el Departamento de Radiofonía del Servicio de Correos (*Radio Branch of the Post Office*). El oscilador de cuarzo tiene la forma de una pequeña placa rectangular, de dimensiones tales que su frecuencia de resonancia está muy próxima a la cifra de 100.000 por segundo. La placa está tallada de un cristal natural de cuarzo, cuidadosamente seleccionado para que esté libre de toda gemelación eléctrica u óptica; se halla montado sobre puntos nodales de la vibración, y mantenido a una temperatura constante en una cámara controlada por un termostato. La placa está cortada en una determinada dirección relativa a los ejes ópticos del cristal, conocida bajo el nombre de « corte GT », que hace que la frecuencia dependa apenas de la temperatura. El circuíto impulsor que mantiene a la placa en vibración no es un simple circuíto de válvula, sino que para conseguir mayor precisión se usa un circuíto de equilibrio a puente, con el que el equilibrio se mantiene únicamente cuando el cristal oscila en su frecuencia de resonancia natural. Se ha hallado que dicha frecuencia se mantiene constante, con sólo una variación de 1/100.000.000.

Se llama a dichos instrumentos de base de cristal de cuarzo frecuentímetros y son utilizados para multiples fines, tales como el control de las frecuencias de los transmisores de radio. Para que puedan ser usados como relojes es preciso un procedimiento que permita la cuenta de las vibraciones. Uno de los métodos consiste en el uso de un circuíto oscilador de válvula, conocido con el nombre de « multivibrador », el cual tiene, en adición a su frecuencia fundamental, toda una serie de armónicos. Si la frecuencia fundamental del multivibrador es de unos 10.000 ciclos por segundo, aproximadamente, la frecuencia de su

décima armónica coincidirá con la frecuencia del cristal. En ese caso la frecuencia fundamental del multivibrador es exactamente 1/10 de la del cristal. Se puede emplear también un segundo multivibrador con una frecuencia de 1.000 ciclos por segundo, o sea exactamente 1/100 de la del cristal. Un método mejor, empleado en los relojes del Observatorio, consiste en el uso de circuítos conocidos bajo el nombre de generadores de frecuencia fraccional. La frecuencia originada por el cristal de cuarzo es transmitida a uno de dichos generadores que a su vez produce otra frecuencia que tiene exactamente la mitad del valor de la original; esta segunda frecuencia pasa a un segundo generador que produce una frecuencia de sólo una quinta parte de la frecuencia con que se le alimenta, que es por lo tanto 1/10 de la frecuencia original. Y aún se ponen en acción otros dos generadores semejantes que continúan la división de la frecuencia, dando un rendimiento final de unos 1.000 ciclos por segundo. Anteriormente, con el uso de los multivibradores podía darse el caso de que si el cristal dejaba de vibrar por un motivo cualquiera, los dos circuítos de división podían permanecer cerrados entre sí, dándonos un resultado falso. Esto no es posible con los generadores de frecuencia fraccional, ya que cualquier parálisis del circuíto en el cristal, resulta en la completa paralización de todo él.

Una vez obtenido un rendimiento de una frecuencia de 1.000 ciclos por segundo, puede ponerse en uso para mover un motor sincrónico, provisto de contactos que transmitan impulsos cada segundo y cada décima de segundo. El mismo motor, por medio de un adecuado sistema de ruedecillas puede mover unas manecillas, como en el caso de los relojes eléctricos, indicando así las horas, los minutos y los segundos. O si se prefiere, se puede fraccionar aún más la frecuencia hasta alcanzar una de 10 ciclos por segundo. Las oscilaciones sinusoidales pueden ser entonces transformadas por medio de un circuíto para producir definidas pulsaciones a intérvalos de una décima de segundo.

Los relojes de cristal de cuarzo que están hoy instalándose en el Royal Observatory van todos ellos ajustados para producir una frecuencia de unos 100.000 ciclos por segundo de tiempo medio. Por medio de un engranaje puede el motor sincrónico enviar impulsos cada segundo sideral y cada décima de segundo. De modo que un mismo reloj puede servir para señalar la hora sideral y el tiempo medio. Naturalmente, todas las señales horarias son transmitidas en tiempo medio; la hora sideral se requiere solamente para las determinaciones efectivas de la hora, de modo que no es necesario que todos los relojes tengan el engranaje para registrar segundos siderales.

También es posible, por medio de un sencillo engranaje, obtener impulsos con intérvalos de 60–61 segundos, o sea que el reloj envíe señales exactamente espaciadas en número de 61 por minuto: éstas son las llamadas señales rítmicas o de vernier, usadas en la navegación para la exacta determinación de errores cronométricos.

La gran superioridad de los relojes de cristal de cuarzo sobre los mejores relojes de péndulo consiste en que los primeros se hallan libres de los cambios de marcha irregulares que se dan en los segundos. Es quizás posible que se produzcan tales cambios, pero son cambios definidos y que, una vez producidos, se mantienen con cierta permanencia. De esta manera los errores cronométricos, indicados por las determinaciones horarias, pueden ser transcritos y representados por medio de una línea recta, y quizás por medio de una serie de líneas rectas; lo cual permite reducir la incertidumbre en la predicción de los errores cronométricos.

Aún tienen los relojes de cuarzo otra gran ventaja para el mantenimiento de un servicio horario de gran precisión. Su marcha relativa puede determinarse facilmente con enorme exactitud. La frecuencia de cada cristal va ajustada de manera que sea muy cercana a la frecuencia nominal de 100.000 por segundo. Por medio de la combinación de la frecuencia de dos relojes en un solo circuíto eléctrico, la frecuencia de pulsación entre ambos relojes se ajusta de una manera tan exacta que dichas pulsaciones entre dos relojes ocurren en intérvalos de un minuto aproximadamente. Las pulsaciones se registran en un contador, de modo que resulta conocido el valor del intérvalo entre cada 10 ó 20 pulsaciones. La diferencia en la frecuencia de los dos relojes es igual a la fracción de una pulsación de un segundo; y de esta diferencia medida en frecuencia instantánea se puede obtener la marcha diaria relativa de ambos relojes, y ello con una exactitud del orden de una décima del milisegundo por día.

Es también posible emplear un contador de pulsación magnético, que registra automáticamente las pulsaciones entre dos relojes, pudiendo obtenerse así la cantidad de pulsaciones por cada 24 horas. Ello, de hecho, nos da una integración de la marcha relativa, y por lo tanto la diferencia, en tiempo, que se produce entre los dos relojes en

el espacio de un día. Con ello, la marcha relativa de dos frecuentímetros es conocida con un error de menos de una centésima de milisegundo. Como todas estas comparaciones están basadas en la frecuencia nominal primaria de 100.000 ciclos por segundo, no es necesario que todos los frecuentímetros estén provistos de los circuítos divisores y de los motores fónicos para registrar segundos y décimas de segundo, con lo que se consigue estimable ahorro de material.

Los relojes de cristal de cuarzo sufren una desventaja en comparación con los relojes pendulares. Estos pueden marchar durante largos períodos — aun varios años — sin pararse. Pero los circuítos a válvulas necesarios en un reloj de cuarzo no pueden operar durante tan largos períodos sin que se produzcan averías. Y cuando se vuelve a poner en marcha el reloj lo más probable es que se produzca una variación en la velocidad de la misma, aunque puede muy facilmente determinarse la nueva velocidad por comparación con los demás relojes, de manera que es posible descontar cualquier discontinuidad que se haya producido. Los relojes de cuarzo del Royal Observatory se hallan agrupados de tres en tres, formando cada grupo una unidad. Los relojes de cada unidad son comparados entre sí regularmente: AB, BC, y CA; y si uno de ellos se parase se podría determinar la discontinuidad en su marcha. Y los grupos también están sometidos a una comparación entre sí; de manera que la detención de uno de los relojes no es un problema serio, aunque es muy importante que no se paren todos los relojes al mismo tiempo. Ello ocurriría si se produjese un apagón, en el caso de que los relojes funcionasen con corriente de la red eléctrica general. Para prevenirse contra ello, los frecuentímetros derivan su energía de unas baterías; aunque la corriente para los instrumentos de calefacción y los circuítos de control se toma de la red general; pero una corta interrupción de éstos no tendría gran importancia. En el caso de un apagón se pone automáticamente en operación un alternador que, unos segundos más tarde, suministra la corriente necesaria para los controles de temperatura. En el caso de los péndulos, aunque se paran muy raras veces, cada parada supone un serio problema, ya que un reloj de péndulo necesita varias semanas, por lo general, para alcanzar una marcha regular después de ponerse nuevamente en movimiento.

Otra aplicación más de los osciladores de cuarzo es la operación de un contador, denominado contador cronométrico decimal. La corriente de 100.000 ciclos por segundo de uno de los multivibradores primarios pasa a un instrumento contador operado por válvulas especiales, que marca, a escala de 10, el número de oscilaciones completas ocurridas entre la aplicación de dos impulsos cuya diferencia de tiempo se desea medir; la lectura se hace en cinco esferas separadas. Como una unidad se cuenta cada diez microsegundos (esto es, 10^{-5} avos. de segundo) el número total registrado es la diferencia de tiempo en unidades de diez microsegundos. Se puede preparar su funcionamiento de modo que uno de los relojes ponga el contador en movimiento y que otro lo detenga; para comprobar el resultado se cambian los papeles, y si se quiere obtener una mayor exactitud se puede hacer que la misma operación se repita automáticamente diez veces y, luego de haberse detenido, se toma la cuenta total. Se puede comparar de idéntica manera el reloj con una señal horaria radiada, obteniéndose una exactitud mucho mayor que la que nos da el tipo usual de cronógrafo de cinta, además de que se obtiene la respuesta directamente, sin la cansada tarea de tener que leer largas tiradas de la cinta cronográfica. Cuando se usó por vez primera el contador cronométrico decimal para dicha función se pensó que sólo se podrían obtener buenos resultados en la comparación de las señales radiadas con la hora marcada por un reloj cuando se contase con buenas condiciones de recepción. Pero se ha hallado que el mismo método se puede poner en uso aun cuando las interferencias sean tan acusadas que la misma cinta resulte casi indescifrable. La razón para ello es que el contador requiere un decidido impulso para ponerse en función, y las interferencias no poseen la vitalidad suficiente para ello. Se realizan siempre varias series de comparaciones para poseer así una comprobación.

Cuando se haya completado la instalación del Royal Observatory con el juego completo de 18 relojes de cristal de cuarzo, segun proyecto, y se ponga en operación el telescopio fotográfico cenital, se podrá entonces reducir el probable error en la determinación horaria a unos dos o tres milisegundos, con lo que el servicio horario alcanzará una exactitud desconocida hasta entonces. Abriránse así numerosas posibilidades de interés. Hasta ahora hemos admitido que la longitud del día, establecida por la rotación de la Tierra en relación con el equinoccio medio, es invariable. Mas las observaciones astronómicas han mostrado que dicha suposición no es correcta. En 1695 Halley halló, al comparar la posición de

la Luna dada por las observaciones de su época con las posiciones derivadas de las observaciones de antiguos eclipses, que la moción media de la Luna se hallaba en aceleración. Más tarde, durante la última parte del siglo XIX, Newcomb halló que existían fluctuaciones en la moción lunar que no podían ser explicadas por ninguna acción gravitacional conocida. Las completísimas investigaciones de Brown sobre la teoría de la moción lunar, que culminaron en sus Tablas para la Moción Lunar, confirmaron los resultados de Newcomb. Y se ha podido establecer concluyentemente desde entonces que también el Sol, Mercurio y Venus presentan una aceleración secular de su moción media respectiva, y por añadidura una fluctuación irregular, semejante a la de la moción lunar aunque menor en su cuantía, en la razón de sus mociones medias relativas. La semejanza entre los efectos observados en la Luna, Sol, Mercurio y Venus, demuestra que es la Tierra la culpable y que nuestro módulo horario, al que suponemos constante, es en realidad variable.

La aceleración secular de las mociones medias está causada por el lento alargamiento del día; el cual está explicado por la fricción de las mareas en los mares poco profundos, que es como una especie de freno para la rotación terrestre. El aumento de la longitud del día alcanza sólo una milésima de segundo en el curso de un siglo; cambio tan diminuto que no tiene importancia alguna para las medidas horarias, aun en el nuevo sistema de acentuada exactitud, pero que sin embargo ha de tener enorme importancia cósmica, ya que su efecto es cumulativo. El día continuará alargándose hasta que llegue un momento en que la tierra presente la misma faz a la Luna: el día será entonces de una longitud igual a 47 de nuestros días.

Las fluctuaciones irregulares en las mociones aparentes están causadas por ciertos cambios en la longitud del día que han alcanzado hasta cinco milisegundos, siendo el día a veces más largo y otras más corto. No se conoce con certeza la razón de dichos cambios, aunque sería suficiente para explicarlos una ligera expansión o contracción de unos centímetros en el radio terrestre, pero no se puede observar directamente tal cambio radial. Dichos cambios parecen producirse repentinamente, mas las observaciones astronómicas no son lo suficientemente exactas para indicar si se producen instantáneamente o tardan varios meses, o aun un año o dos. Y ahora que existe la posibilidad de poder determinar la longitud del día con una exactitud que se aproxima al orden de una décima de milisegundo, será quizás posible averiguar lo repentinos que tales cambios sean. Para poseer un control adecuado será esencial mantener a los relojes de cuarzo en operación durante varios años, determinando exactamente la discontinuidad en la velocidad de su marcha al producirse la parada de cualquiera de ellos. Se abre así una nueva era en la medida del tiempo, y los relojes construídos por el hombre parecen prometernos la posibilidad de echarle la culpa a la Tierra de las irregularidades horarias.

La energía atómica

La bomba atómica, que ha probado ser el factor decisivo en la finalización de la guerra contra el Japón, representa mucho más que otro nuevo y terrible medio de destrucción. Aunque se ha mostrado de incalculable valor al evitar los centenares de miles de víctimas que por necesidad se hubieran producido de haberse tenido que decidir la guerra en el Oriente tras larga lucha entre los ejércitos contendientes, los nuevos principios usados en su construcción, aplicados a fines útiles, están sin duda destinados a alterar la historia entera de la humanidad. Por vez primera ha sido posible convertir la materia en energía, en cantidades tales que pueda ser ésta utilizada para fines prácticos, bajo condiciones en las que la energía necesaria para iniciar la reacción es insignificante en comparación con la energía resultante. La tarea de la Ciencia se reduce ahora a resolver el problema resultante de regular la desintegración atómica para que la energía así producida pueda ser utilizada con la mayor eficacia y seguridad, no con un propósito de destrucción, sino al servicio de la humanidad toda.

Motivo de satisfacción es el que los científicos británicos hayan representado un papel principal tanto en el establecimiento de los principios fundamentales que regulan la liberación de la energía atómica, como en la solución final de la larga y dificultosa tarea de llevar a la práctica tales principios. El Gobierno británico ha publicado en un documento oficial[1] un excelente sumario de la importancia de dicha contribución.

[1] *Statements Relating to the Atomic Bomb*, Londres. 1945. His Majesty's Stationery Office. *Precio neto 4d.*

La historia del Laboratorio Cavendish de Cambridge

ALEXANDER WOOD

Fué el Laboratorio Cavendish uno de los primeros establecidos con el propósito exclusivo del estudio y la enseñanza de la ciencia física. Las investigaciones en él realizadas por los sucesivos ocupantes de la Cátedra Cavendish (Clerk Maxwell, Lord Rayleigh, Sir J. J. Thomson, Lord Rutherford and Sir Lawrence Bragg), y por sus numerosos y distinguidos colaboradores, han influído profundamente en el desarrollo de la Ciencia.

Corría el año de 1868 cuando la Universidad de Cambridge se decidió a dar el primer paso hacia la erección de un laboratorio de Física y la dotación de un departamento independiente que se dedicase a la enseñanza de dicha ciencia. El mismo año, cierto Sindicato urgía la necesidad de dicho laboratorio, y el séptimo Duque de Devonshire, a la sazón Canciller de la Universidad se ofreció a suministrar los fondos necesarios para la erección y equipo del establecimiento. Tal oferta sería hoy día de insuperable temeridad aun en el caso del más acaudalado de los Mecenas, pero en 1877 el primer ocupante de la Cátedra pudo informar a la Universidad que « el Canciller había completado su generoso donativo equipando el Laboratorio Cavendish con todo el instrumental necesario y apropiado al estado actual de la Ciencia ».

FIGURA 1 – *James Clerk Maxwell, Catedrático «Cavendish»* 1871–79.
(Con autorización de Longmans, Green & Co. Ltd.)

Se fundó la Cátedra de Física Experimental en el año de 1871, tomando el nombre de Cátedra Cavendish en honor del famoso y excéntrico antepasado del Duque, Henry Cavendish; comenzándose en el mismo año la erección del Laboratorio. La elección del primer catedrático fué punto de esencial importancia, recayendo, tras ciertas vacilaciones, sobre la persona de James Clerk Maxwell, quien gozaba ya de excelente reputación como Profesor del *King's College* de Londres. Maxwell había hecho considerables contribuciones a la Teoría cinética de los gases, la explanación de la naturaleza de los anillos de Saturno, y la Teoría de la propagación de las ondas electro-magnéticas. Había llevado también a cabo diversos experimentos sobre la mezcla de los colores, la viscosidad de los gases y la razón entre las unidades de electricidad.

No bien se halló instalado en la nueva Cátedra cuando se dedicó a visitar todos los laboratorios que a la sazón existían, recogiendo todos los datos posibles acerca de su construcción y equipo. En 1873 se hallaba ya el edificio listo para ser ocupado parcialmente, siendo inaugurado oficialmente en 1874. En su disertación inaugural Maxwell había distinguido cuidadosamente los dos distintos tipos de experimentos que habían de llevarse a cabo en el nuevo Laboratorio; experimentos ilustrativos y experimentos de investigación. Habían de tener aquellos la forma de demostraciones, a la manera de las conferencias experimentales de nuestros

días, sin ser un curso orgánico de instrucción práctica. Sólo más tarde, en 1879, se llegó a organizar un curso, durante la larga vacación de verano, que se puede considerar como el precursor de la « Física Práctica» de hoy dia.

El segundo tipo de experimento previsto por Maxwell se aproximaba estrechamente a lo que hoy significamos con la palabra « investigación ». La investigación más importante llevada a cabo en el Laboratorio durante el período de Maxwell es, con toda probabilidad, el trabajo sobre los patrones eléctricos, trabajo comenzado en el *King's College* en 1862. Estaba dicha tarea patrocinada por la *British Association* y fué continuada durante toda la vida académica de Maxwell, y de sus sucesores más tarde, hasta que en ocasión del establecimiento del *National Physical Laboratory*, fué transferida a esta nueva institución.

Hubo una tarea a la que se dedicó Maxwell con enorme laboriosidad y exactitud. Henry Cavendish había llevado a cabo investigaciones originales y muy interesantes en el campo de la electricidad; pero debido a su desprecio por toda notoriedad, su labor había quedado inédita desde la fecha de su muerte en 1810. Sus escritos pasaron a Maxwell, quien se decidió a prepararlos para su publicación. Fué necesario leer con todo cuidado cada párrafo, estudiar el significado exacto de toda palabra fuera de lo corriente, verificar toda afirmación, y repetir todo experimento.

Entre los numerosos experimentos que Maxwell tuvo que llevar a cabo se hallaba el de la medida de las descargas eléctricas por medio del único efecto que en aquel entonces se conocía para tal propósito: el efecto fisiológico.

En 1879, y a consecuencia de una enfermedad, murió Maxwell; pero aún quedan en el Laboratorio numerosas reliquias de su tiempo. Aún se conservan muchos aparatos cedidos por él al Laboratorio; entre ellos se encuentra el usado por el sabio para el estudio de la viscosidad de los gases, el instrumental para la mezcla de colores, dos trompos dinámicos, un modelo de los anillos de Saturno, y un electroscopio que había pertenecido a Wollaston.

Cuando Maxwell llegó a ocupar la Cátedra Cavendish le precedía ya una reputación estimable de maestro e investigador; pero el nuevo ocupante era simplemente un aficionado. El Hon. R. J. Strutt, quien hallándose en Cambridge hacia la época en que se instituyó la Cátedra influyó en el ánimo de Maxwell para que éste la aceptase, se hallaba retirado en sus estados de Terling, en Essex, luego de haber heredado el título de Lord Rayleigh. Poseedor de una excelente reputación en Cambridge, contaba entre sus méritos con varias contribuciones originales y distinguidas en la literatura científica. En Diciembre de 1879 fué elegido para ocupar la Cátedra, incorporándose a ella inmediatamente.

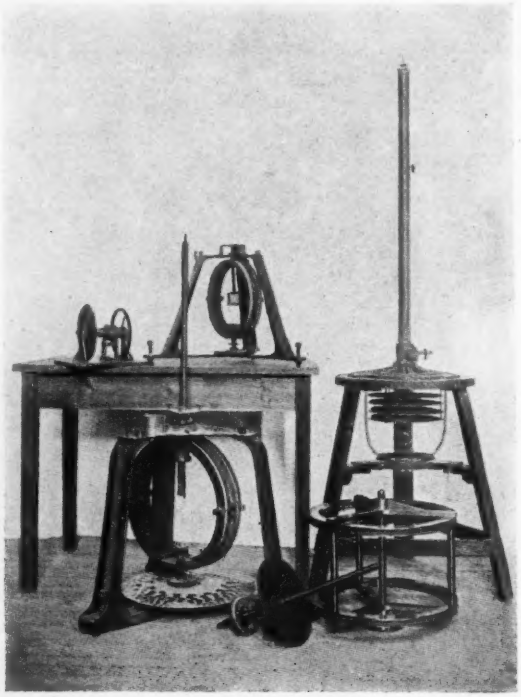


FIGURA 2 - *Aparatos utilizados en algunas investigaciones clásicas.* (*Con autorización de Longmans, Green & Co. Ltd.*)

El material que halló al hacerse cargo del Laboratorio le disgustó profundamente. Es más que probable que se hubiese añadido muy poco al material primitivo y habían de existir necesariamente omisiones patentes. Pero Rayleigh no fué nunca favorecedor de los fabricantes de instrumentos, sino que por el contrario se esforzó siempre por utilizar los aparatos más simples y primitivos que pudieran servirle para su propósito, y se debe a él, con toda seguridad, la tradición de « vidrio, lacre y cordel» tan característica del Laboratorio. Rayleigh decidió pues organizar la suscripción de fondos para la adquisición del material, siendo él mismo uno de los contribuyentes más generosos. Estableció también el taller, anexo de valor incalculable en todo laboratorio. Se hizo cargo así mismo de parte de las

FIGURA 3 – *Fachada del Cavendish Laboratory, con el anexo en el fondo.*

(*Con autorización de Longmans, Green & Co. Ltd.*)

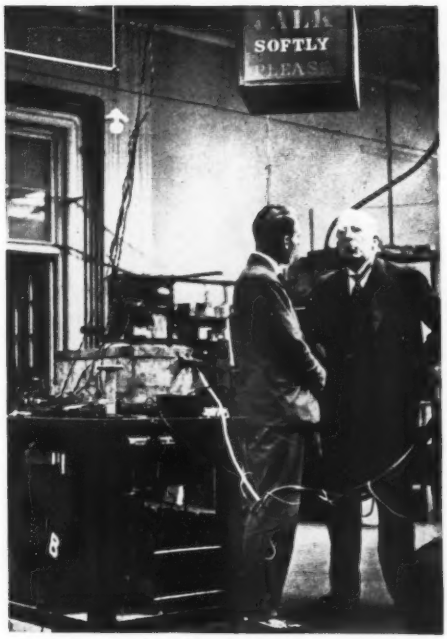


FIGURA 5 – *Lord Rutherford con uno de sus auxiliares (J. A. Ratcliffe).*

(*De* Rutherford, *por A. S. Eve, Cambridge University Press.*)

FIGURA 4 – *Estudiantes de Investigación*, 1909.

(*Con autorización de Longmans, Green & Co. Ltd.*)

Ultima fila: L. Vegard, G. Stead, J. R. Wilton, H. H. Paine, G. I. Taylor.
Segunda fila: H. Thirkill, R. Whiddington, L. Southerns, J. M. Adams, E. M. Wellisch, C. S. Wright, R. T. Beatty
Tercera fila: G. W. C. Kaye, T. H. Laby, H. Erikson, W. Borodowsky, H. V. Gill, D. M. Bose.
Cuarta fila: J. A. Crowther, F. Horton, D. B. Pearson, Sir J. J. Thomson, E. R. Laird, N. R. Campbell, J. Satterly.
En el suelo: A. Ll. Hughes, J. A. Orange, R. Kleeman.

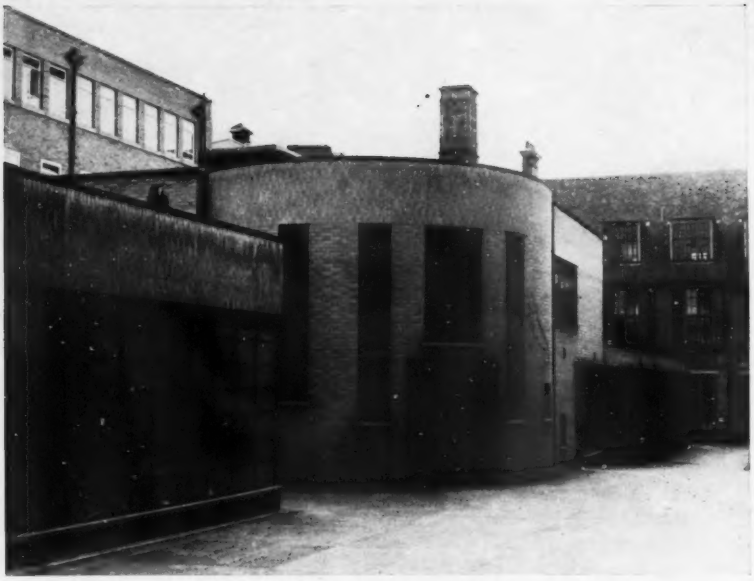


FIGURA 6 – *El Laboratorio Mond de la Royal Society.*

conferencias y clases prácticas que aparecían ya aumentadas considerablemente: sus auxiliares Glazebrook (más tarde Director del *National Physical Laboratory*) y Shaw (Director luego del *Meteorological Office*) originaron el sistema de instrucción por medio de apuntes que se ha perpetuado desde entonces y que ha dado la base para las obras de Glazebrook y Shaw: *Practical Physics*, y las tres obras de Searle: *Experimental Harmonic Motion*, *Experimental Elasticity* y *Experimental Optics*.

Entre los trabajos de Rayleigh, su publicación más famosa es el estudio de la determinación del ohmio por medio de la bobina de rotación. Todavía puede verse en el Laboratorio el instrumento usado para dicho estudio. En el mismo lugar, años más tarde, se colocó también el aparato que J. J. Thomson usaba para la determinación de la carga electrónica; y aún más recientemente el instrumental usado por Rutherford en sus experimentos acerca de la desintegración del núcleo atómico. En la época de Rayleigh, los esfuerzos mayores del Laboratorio se concentraron en la determinación de los patrones eléctricos; pero en su trabajo personal mostró el maestro una universalidad de intereses y una amplitud de conocimiento que nunca más volverán a darse en este mundo nuestro de creciente especialización. En 1884 Rayleigh aceptó la Cátedra de la *Royal Institution*.

La vacante así creada fué llenada por medio de un nombramiento que causó gran sorpresa. Recayó la preferencia de los electores sobre Joseph John Thomson, quien contaba a la sazón sólo 28 años, y a quien se consideraba sobre todo como un matemático. No cabe la menor duda de que la elección fué muy acertada, a pesar de que en cierto modo « J.J. » no fué nunca un físico experimental.

En 1894 la Universidad se decidió a dar un paso que había de repercutir en todo el desarrollo posterior de los estudios científicos en Cambridge. El Grado de *B.A.*, o licenciatura, podía desde ahora ser conferido a todo licenciado de otra universidad que pasase dos años en Cambridge ocupado en « estudios avanzados » o investigaciones. Era esto como abrir una puerta por la que entró una corriente contínua de « estudiantes de investigación » que procedían no sólo de las demás universidades del Reino sino también de las de los Dominios, Estados Unidos, India y otros muchos países. Los primeros en llegar al Laboratorio Cavendish fueron Ernest Rutherford de Nueva Zelandia, Townsend y M'Clelland de Irlanda, y Craig Henderson de Glasgow. Con paso seguro « J.J. » llegó a formar una escuela de

investigación utilizando todo el personal de que ahora disponía, hasta que al comienzo de la guerra de 1914 contaba con unos cuarenta postgraduados dedicados a la investigación bajo su dirección. Generalmente era él mismo quien sugería el tema de estudio, vigilando día por día el progreso del estudiante; la mayoría de los problemas se relacionaba con la conducción a través de gases y su mecanismo, existiendo siempre un sentimiento de afecto y respeto entre « J.J. » y su « equipo ».

La contribución más importante de « J.J. » fué la identificación del electrón en sus múltiples manifestaciones, la medida de su masa y carga, y la exposición del mecanismo de la conducción eléctrica a través de los gases. Todos estos triunfos fueron resumidos en boca de los legos con la expresion de « J.J.: el hombre que ha dividido el átomo». Su trabajo posterior sobre los rayos positivos fué también muy importante, pero se trata más bien de una contribución parcial que de una investigación completa.

En 1908 Lord Rayleigh, a quien se había en dicho año conferido al Premio Nobel, donó a la Universidad, de la cual era Canciller, la suma recibida, para que fuese utilizada en el Laboratorio Cavendish. Pero al estallar la guerra de 1914 se interrumpió el progreso, pudiendo en verdad decirse que dicho año representa el final de una época, ya que en 1918 J. J. Thomson fué elegido *Master of Trinity*, dimitiendo al año siguiente la Cátedra, debido al gran número de ocupaciones que la dirección de uno de los grandes Colegios hacía recaer sobre él. Continuó sin embargo trabajando en el laboratorio pero dedicó la mayor parte del tiempo y energías a sus nuevos deberes. No sólo supo con sus esfuerzos establecer la gran reputación del Laboratorio Cavendish, sino que también era conferenciante lúcido y expresivo, habiendo colaborado con brillantez en las funciones educativas de la institución. Fué armado Caballero en 1908.

Si la elección de J. J. Thomson para la Cátedra Cavendish había sido una sorpresa, la de Ernest Rutherford, en 1919, era casi un suceso necesario. Su enorme reputación, conseguida primero como investigador en el Cavendish y como catedrático después en las Universidades de Montreal y de Manchester, y sus estudios especializados que le llevaron a establecer, en el campo de la radioactividad, el hecho de que existe una transformación real y espontánea de los elementos, y a interpretar las diversas radiaciones que se desprenden de dicho proceso, le indicaba como seguro sucesor de Thomson. Había enunciado también la teoría nuclear del átomo; y en muchos aspectos Rutherford continuó la tradición establecida en el Cavendish, mas no sin desarrollarla y enriquecerla. Continuó la atracción hacía dicha institución de estudiantes y graduados de todo el mundo, y debido al aumento en importancia de la Física en los examenes de la Universidad de Cambridge, y a la institución del grado de Doctor en Ciencias, pudo además conseguir que un número creciente de graduados de la Universidad se dedicasen a la investigación. El tema central de ésta era ahora « el núcleo », y Rutherford, a los pocos meses antes de hacerse cargo de la cátedra, consiguió desintegrar el núcleo del átomo de nitrógeno mediante el uso de partículas-alfa como proyectiles disparados por elementos radioactivos. Más tarde consiguió usar protones artificialmente acelerados para producir cambios en los núcleos atómicos y obtener así una transmutación de elementos bajo control parcial.

Su muerte, en 1938, tras una breve enfermedad, en pleno goce de sus facultades físicas y mentales, fué un golpe tremendo para el Laboratorio, la Universidad y el mundo científico en general. Grandes cambios hubo en el departamento durante el período en que él ocupara la Cátedra: en 1932 se había inaugurado un nuevo taller en la planta del antiguo Laboratorio de Ingeniería; en 1933 un nuevo Laboratorio eléctrico equipado para fines pedagógicos; en 1934 se anexó al Cavendish el Departamento de Cristalografía; y en 1936 se completó el nuevo Laboratorio de Alta Tensión. Mientras tanto los brillantes trabajos de P. Kapitza, físico ruso, sobre los campos magnéticos de gran intensidad y muy baja temperatura originaron la construcción, bajo los auspicios de la *Royal Society*, del *Mond Laboratory*, dirigido por Kapitza hasta el año 1934.

Pero la adición más importante a los medios económicos del Cavendish no se llegó a realizar hasta después de la muerte de Rutherford, aunque fueron los esfuerzos y personalidad de éste quienes supieron inspirarla. En 1936, Lord Austin ofreció a la Universidad un donativo de unas 250,000 Libras para « construir y dotar un anexo muy necesario ». Comenzó el trabajo en el anexo que había de tomar el nombre de su fundador en 1938, colocando la primera piedra el mismo Lord Austin en Mayo de 1939, y terminándose la obra con grandes dificultades antes de la declaración de guerra de Septiembre de aquel año.

En 1938, W. L. Bragg (Sir Lawrence, en la actualidad) fué nombrado sucesor de Rutherford.

El vuelo de los peces voladores

G. S. CARTER

A pesar de que los biólogos han estudiado el vuelo de los peces voladores desde hace mucho tiempo, no habían podido dar una explicación satisfactoria de su mecanísmo basada en observaciones puramente visuales. En este artículo el Doctor Carter muestra cómo el uso de métodos fotográficos y la explicación de principios aereodinámicos han ayudado para que nos acerquemos a la solución de este problema.

En viajes por los mares cálidos se ve muy a menudo a peces voladores planeando en el aire para salir de la estela de los barcos. A pesar de lo fácil que es observar esto, el hecho de que haya peces que vuelen es uno de los fenómenos más extraordinarios de la naturaleza. Este fenómeno atrajo pronto la atención de los naturalistas y ha sido desde hace mucho, y todavía lo es, un tema favorito de discusión.

Aunque es muy fácil ver el vuelo de los peces, es difícil hacer observaciones exactas. Generalmente a simple vista todo lo que se puede ver es cómo los peces saltan del agua, planean dos o tres segundos, al principio en la superficie y luego en el aire y finalmente se zambullen de nuevo en el mar. Se ha discutido mucho la cuestión de si el vuelo es un simple planeo o si los peces usan las aletas como los pájaros usan las alas. Es un buen ejemplo de lo difícil que es hacer observaciones en este asunto el que durante muchos años los naturalistas no podían decidir un problema tan elemental como éste. Recientemente éste y otros problemas se han resuelto usando métodos mejores de observación, tales como la máquina de fotografía y el cinematógrafo. Ahora se sabe que las aletas no se usan nunca activamente en el vuelo, y se puede dar información relativamente exacta de la mayor parte de las características del vuelo.

MORFOLOGIA Y COSTUMBRES

Los peces voladores que se ven desde la cubierta de un barco no son los únicos peces que vuelan. Hay por lo menos cuatro especies de peces que planean con más o menos habilidad, pero los que se observan más facilmente y los mejor adaptados para el vuelo son los *Exocoetidae*, los peces voladores ordinarios de los mares abiertos. Consideremos sólo esta familia, y de ella solamente los generos mejor adaptados, como por ejemplo el *Cypselurus* que es uno de los que es más probable ver desde un barco. A diferencia de otros géneros de la misma familia, en el *Cypselurus* tanto la aleta pélvica como la dorsal están adaptadas para volar.

Los peces de la familia *Exocoetidae* nadan rápidamente, teniendo una vida activa cerca de la superficie del mar y alimentándose de peces pequeños y de otros representantes de la población de la superficie. Están bien adaptados para este tipo de vida, siendo aereodinámicos, de forma parecida a la de la caballa, y tienen ojos grandes (figura 2).

Las adaptaciones para volar son numerosas. Su cuerpo aereodinámico es conveniente tanto para volar como para nadar rápidamente. Su superficie ventral es aplanada lo que da más superficie de elevación. La cola ha tomado una forma extraña, la de una V, lo que es corriente en los peces, pero la rama inferior es casi una vez y media más larga que la superior. Esta formación de la cola desempeña una función fundamental en el vuelo. Naturalmente las aletas apareadas que forman las alas en el vuelo son las que muestran una adaptación más marcada. Las pectorales (figuras 3 y 4) tienen aproximadamente una longitud de dos tercios del cuerpo, y cuando se extienden, más del doble de la superficie ventral. Al nadar se mantienen pegadas al cuerpo, pero al volar se ponen en una posición casi perpendicular a éste y se extienden (figura 8). Su superficie dorsal está formada de una fina membrana sostenida por 10 o 12 radios bifurcados que resaltan de la superficie ventral de la membrana y que en sección tienen una curvatura hacia detrás característica (figura 4). Una línea que una los bordes ventrales de los radios con la membrana forma una buena sección aereodinámica. Las aletas pélvicas son mucho menores y de forma menos cuadrilateral. Su estructura es parecida a la de las pectorales.

EL VUELO

Al empezar el vuelo el pez emerge en la superficie del agua a la velocidad a la que nada normalmente,

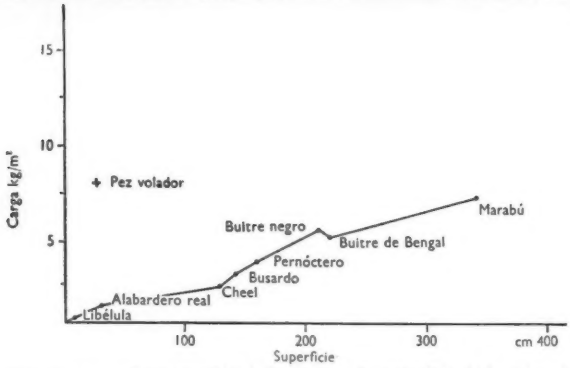


FIGURA 1 – *Comparación de la carga y la superficie de las alas de los peces voladores con otros animales que aletean al volar.* (*Redibujado de Hankin.*)

que se ha hallado ser aproximadamente de 25 a 30 km por hora (figura 5*a*). Fotografías tomadas en este momento muestran que el pez está en una posición casi completamente horizontal (Edgerton y Breder) [3]. Tan pronto como está sobre la superficie las aletas pectorales se extienden mientras que las aletas pélvicas continúan cerradas. A consecuencia de que la cola tiene menos soporte que la cabeza, el cuerpo se inclina tomando un ángulo de unos 15° de la horizontal (figuras 5*b*, 6) con el gran lóbulo ventral y la cola metidos en el agua. Durante medio o un segundo el pez se desliza en esta posición a lo largo de la superficie. Al mismo tiempo la cola vibra fuertemente en el agua (figura 6) dando unas 50 vibraciones al segundo, con lo que aumenta su velocidad hasta alcanzar la velocidad del vuelo al aire. Se le han dado varios valores a esta velocidad variando de 55 a 90 km por hora. Por medio de fotografías cinematográficas se ha encontrado que esta velocidad es de 40 a 54 km por hora (Carter y Mander, 1935)[2], pero este valor está obtenido probablemente al final del vuelo, debido a lo difícil que es el obtener fotografías del principio. La mejor aproximación del principio del vuelo parece ser unos 65 km por hora.

Al embalarse el pez en la superficie del agua las sacudidas de la cola pueden hacer que vibre la parte anterior del cuerpo, especialmente las aletas pectorales.

Cuando el pez adquiere suficiente velocidad para despegar, su cuerpo se pone más horizontal (a un ángulo de unos 6°) y la cola se levanta del agua (figuras 5*c* y 7). En esta posición el pez se desliza a una altura constante de unos 30 cm sobre la superficie del agua, perdiendo velocidad. Para mantener esta altura, yendo cada vez más despacio, tiene que aumentar continuamente el ángulo de ataque de las aletas. Los peces tienen músculos para hacer esto. Cuando va tan despacio que no se puede mantener ya en el aire el pez o bien

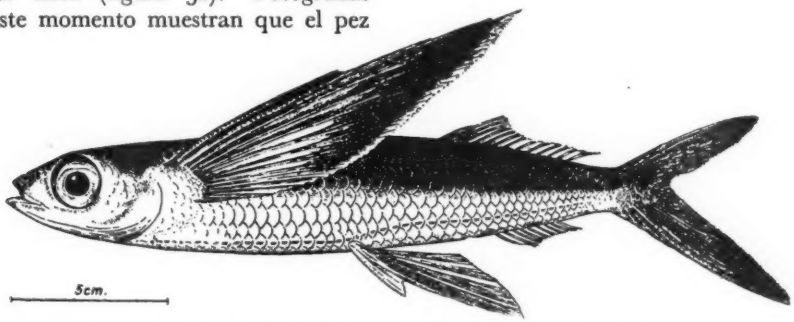


FIGURA 2 – Cypselurus lutkeni, *un pez volador típico.* (*De Bruun.*)

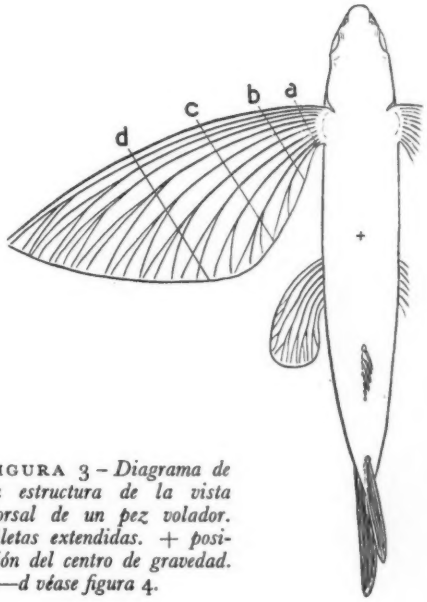


FIGURA 3 – *Diagrama de la estructura de la vista dorsal de un pez volador. Aletas extendidas. + posición del centro de gravedad. a—d véase figura 4.*

FIGURA 4 – *Sección transversal de las aletas pectorales en la posición a—d de la figura 3.*

cae de nuevo al agua, o cierra las aletas pélvicas, baja la cola al agua y se vuelve a embalar haciéndola vibrar (figura 5*d*) y se despega en un nuevo planeo (figura 5*e*). Una acción tal es muy común y se han visto vuelos que consisten hasta de diez planeos.

Los planeos duran hasta 3 ó 4 segundos, pero frecuentemente son mucho más cortos. Hubbs, que ha hecho muchas observaciones del vuelo de los peces, da un promedio de 2,6 segundos, sin contar el embalaje inicial en la superficie del agua. Sin embargo, planeos de 10, e incluso 13 segundos, han sido vistos por buenos observadores (Hubbs) [5]. Es natural que la longitud del vuelo varie con la fuerza y la dirección del viento. Cuando no hay viento la longitud media de los planeos es probablemente de unos 40–50 m, aunque a menudo se ha dado a este promedio la longitud de 100 m. Los vuelos excepcionales de 10 segundos son mucho más largos. La velocidad al final del planeo es de unos 40 km por hora.

CONSIDERACIONES AEREODINAMICAS

Debiera ser posible por medio de los principios aereodinámicos establecidos determinar la longitud y velocidad del planeo en un tunel aereodinámico, bien con un verdadero pez o con un modelo. Esto fué hecho por primera vez por Shoulejkin (1929) [6], usando un modelo. Encontró que su modelo podía volar a velocidades sobre 38 km por hora y que con una velocidad inicial de 56 km por hora planeaba 6,2 segundos y 57 m. Esto es algo mejor que los planeos normales de los peces de verdad, pero no tan bueno como los planeos excepcionales de más de 10 segundos.

Sin embargo, un modelo no puede ser nunca una copia perfecta de la estructura de un animal. En el modelo faltan los detalles finos de la estructura y por lo tanto tendrá menos resistencia al aire y podrá volar mejor. Especialmente las alas del modelo de Shoulejkin eran simplemente membranas, mientras que la estructura característica de las alas que se puede ver en la figura 4 puede influir en el vuelo. Por éstas y otras razones pareció que valía la pena ver cómo un pez de verdad se comporta en un tunel aereodinámico[1]. Pero el hacer estas observaciones presenta algunas dificultades. Teníamos solamente un pez disecado y como las membranas de las aletas se encojen al disecarlo, no se pueden extender en el área necesaria para el vuelo. Para evitar esta dificultad se quitaron las membranas de las aletas pectorales

[1] Debo la oportunidad de hacer estas observaciones, y mucha ayuda en los experimentos al Doctor L. G. Whitehead, del Queen Mary College de la Universidad de Londres.

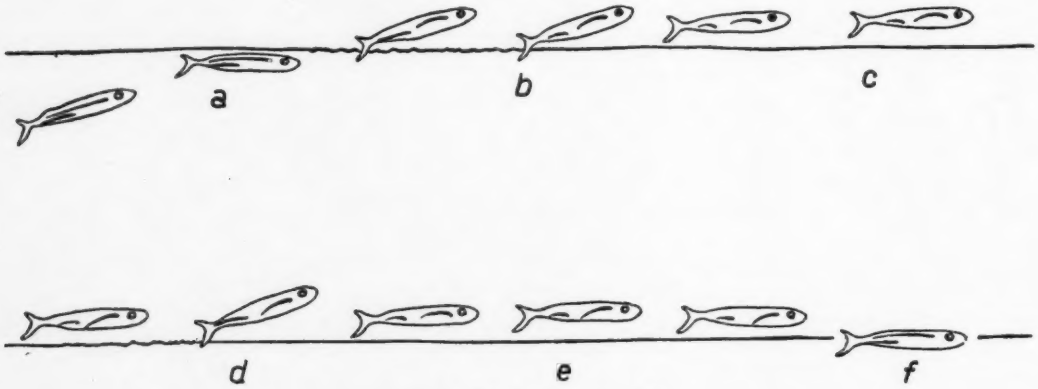


FIGURA 5 – *Diagrama de un vuelo.*

a. Postura inmediatamente antes de salir a la superficie.
b. El embalaje.
c. Planeo. El ángulo de ataque de las alas aumenta progresivamente.
d. Repetición del embalaje.
e. Segundo planeo.
f. Vuelta al agua.

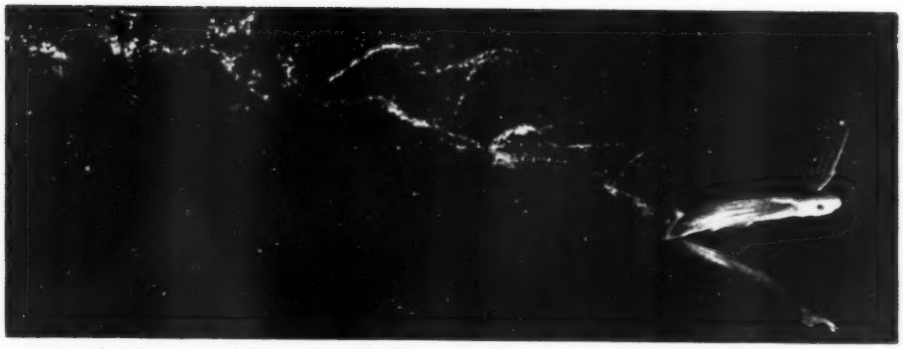


FIGURA 6 – *Fotografía del pez durante el embalaje, mostrando el ángulo de cuerpo, las aletas pectorales cerradas y la estela en forma de V que deja la cola en el agua.* (*De Edgerton y Breder.*)

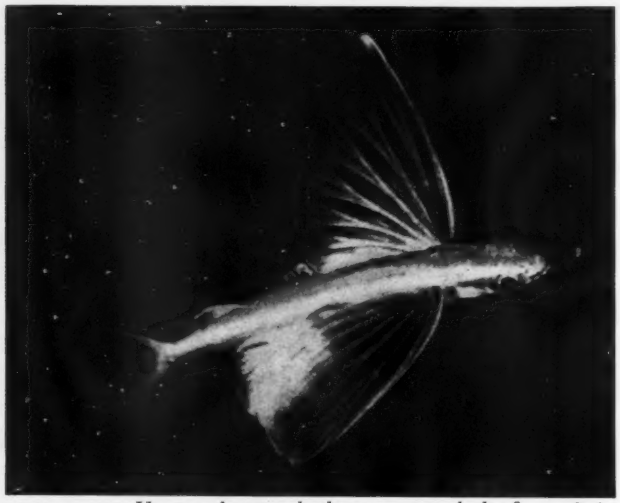


FIGURA 7 – *Un pez durante el planeo, mostrando la forma de las aletas y las aletas pélvicas extendidas.* (*De Edgerton y Breder.*)

y de las pélvicas y se reemplazaron por hojas de celofano del área apropiada, pegando a estas los radios de las aletas en sus posiciones naturales. Las aletas se mantuvieron extendidas por medio de hilos sujetos a sus líneas de ataque y a alfileres clavados en el cuerpo del pez. Este se mantuvo colgado de hilos sujetos a los planos de ataque y al cuerpo en frente de la cola.

Se obtuvo así una reproducción bastante natural del pez en la posición de vuelo, pero había que vencer la dificultad de que en este modelo el ángulo de las aletas no se puede cambiar, cosa que ocurre en el pez vivo. Para obtener condiciones más parecidas a las naturales hicimos dos series de experimentos. Primero medimos con el pez completo su poder de elevación y resistencia a varios ángulos de ataque. Luego repetimos las observaciones con sólo el cuerpo del pez, después de haber quitado las aletas. Combinando estas dos series de observaciones pudimos calcular el comportamiento con las aletas a varios ángulos y el cuerpo a 6° de la horizontal, que es la posición del planeo natural.

No es de esperar que el funcionamiento del pez montado tal como lo tuvimos nosotros sea tan eficaz como el del animal vivo, ya que es claro que el pez vivo puede controlar con más exactitud la inclinación y la curvatura de las aletas. Además, un pez vivo es probablemente mucho más liso y presentará menos resistencia que uno disecado. Tampoco podíamos esperar tan buenos resultados como con el modelo liso de Shoulejkin. Si sus resultados son mejores que los naturales, los nuestros debieron de ser peores.

Encontramos que el pez vuela a velocidades de más de 40 km por hora y que volaría durante 1,74 segundos y 28 m a una velocidad inicial de 66 km por hora. Haciendo concesiones para el funcionamiento más eficaz del pez al natural, parece ser que los planeos normales (con un promedio de 2,6 segundos y 38–48 m) no son más largos de lo que era de esperar, pero es mucho menos probable que los planeos excepcionales de más de 10 segundos se puedan explicar sin la intervención de ningun otro factor que mejore el vuelo del pez.

Sin embargo, hay una explicación posible. Se sabe que los aeroplanos cuando vuelan cerca del suelo reciben soporte adicional del efecto de cojín del aire entre las alas y el suelo. El planeo de los peces es muy próximo a la superficie del agua y puede ser que este efecto les ayude, pero con el conocimiento presente no es posible determinar la magnitud de esta ayuda.

El vuelo de los peces es una adaptación biológica muy complicada en la que se usan varios principios físicos.

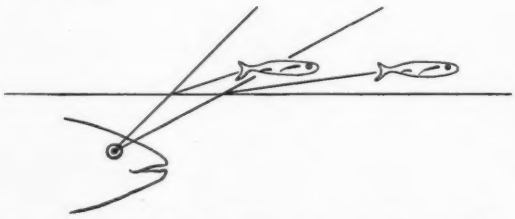


FIGURA 8 – *El efecto que produce el vuelo en la visión de un pez que persigue a un pez volador.*

Le estoy muy agradecido al Dr Edgerton por permitirme reproducir las fotografías que iluminan este artículo.

BIBLIOGRAFIA

[1] BRUUN, A. F. Dana Reports, 1935, **i**, No. 6.

[2] CARTER, G. S., y MANDER, J. H. A. *Rept. Brit. Assn.*, 1935, Section D, p. 37 (Fotografías de E. N. Willmer).

[3] EDGERTON, H. E., y BREDER, C. M. *Zoologica*, New York, 1941, **xxvi**, 311.

[4] HANKIN, E. H. *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, 1922, **xxi**, 421.

[5] HUBBS, C. L. Papers *Mich. Acad. Sci.*, 1933, **xvii**, 575.

[6] SHOULEJKIN, W. *Intern. Rev. Hydrobiol.*, 1929, **xxii**, 102.

Coloración artificial del pelo y su crecimiento

ALEXANDER HADDOW y K. M. RUDALL

« Y cuando consideramos aquella otra teoría de la filosofía natural, que establece que todos los tintes de este mundo, todo matiz majestuoso o delicioso, los delicados tonos de una puesta de sol, los verdes sedantes de los bosques; los gules aterciopelados de las mariposas, y las suaves mejillas de las mozas; todo esto no son más que sútiles engaños, cualidades que no son intrínsecas, sino superpuestas. . .»

Herman Melville: *Moby Dick*

En el curso de ciertos experimentos sobre el crecimiento, que estaban destinados a estudiar la acción debida a una serie de flavinas sintéticas preparadas por G. M. Timmins, se observó [1] que uno de estos compuestos (un derivado de aloxacina) poseía una propiedad hasta entonces desconocida [2]; la estructura y apariencia de dicho compuesto se muestran en la figura 1. Con gran sorpresa se vió que en ratas albinas inyectadas con 20 a 30 mg de tal substancia su pelo tomaba una coloración amarilla o amarillo-anaranjada, de tono muy parecido al de la solución diluída de la misma substancia. El aspecto de este color puede observarse en la figura 2 que muestra la pigmentación difusa en la espalda y ambos lados; y también en la figura 3, donde el color aparece más visible en una faja a lo largo del lomo.

También se observó que esta coloración queda restringida, en general, a ciertas zonas de la piel y de una manera que, en detalle, difiere notablemente de una a otra rata, pero que sin embargo se mantiene en todos los casos de acuerdo con una muestra característica, la nota más sobresaliente de la cual es su simetría respecto a un eje longitudinal. El estudio de un buen número de ratas albinas de la misma colonia, todas igualmente inyectadas, puso de manifiesto la recurrencia de ciertas marcas típicas, las cuales fueron fácilmente ordenadas según series de transición; tales resultados indujeron a creer en la existencia de una cierta unidad del dibujo fundamental, cuyo aspecto como resultado de una sola inyección representa solamente una etapa de un proceso continuo. El problema siguiente se refirió al tipo de marca y, en especial, a determinar si era una característica permanente individual del animal. Pronto se halló respuesta a esta pregunta, al observar que después de inyecciones dadas con intervalos de tiempo aparecían nuevas zonas de pigmentación — esto es, la distribución de la coloración difiere para un mismo animal según cuando se administre la inyección. De esto se deduce que el marcado depende de un proceso variable y no de una ley fija o predeterminada, ya genéticamente o de otra manera (*véanse* figuras 4 y 5).

RELACION ENTRE LA MUESTRA Y EL CRECIMIENTO DEL PELO

Asumiendo entonces que la antedicha pigmentación del pelo sea debida a la inyección de aloxacina, se intentó determinar cuáles fuesen los factores decisivos que condicionaban la pigmentación de ciertas áreas con preferencia a otras. Algunos hechos observados habían ya hecho creer que este proceso estaba relacionado con el fenómeno de regeneración del pelo. Se esquilaron los dorsos y los lados de ratas corrientes, desde las orejas hasta el nacimiento de la cola, y se fué anotando el crecimiento del pelo cada pocos días. El diagrama I muestra el resultado de este experimento. No tardó en poderse observar que sólo limitadas áreas de la piel regeneran el pelo en un momento determinado, que estas áreas están simétricamente dispuestas y según marcados análogos a los que aparecen por medio de la inyección de *iso*-aloxacina, y, finalmente, que su variedad es debida a la diferente magnitud de la velocidad del crecimiento en distintas zonas. Igualmente se notó que el ciclo de crecimiento, que como una ola se propaga a través del cuerpo, tarda un tiempo mínimo de unas seis semanas en completarse. Según estos experimentos parece casi cierto que las ratas adquieran su pelo según una serie compleja de oleadas regulares de crecimiento. Asimismo se observó que la aloxacina da lugar a una coloración del pelo aun cuando se la administre mezclada con los alimentos, y que con

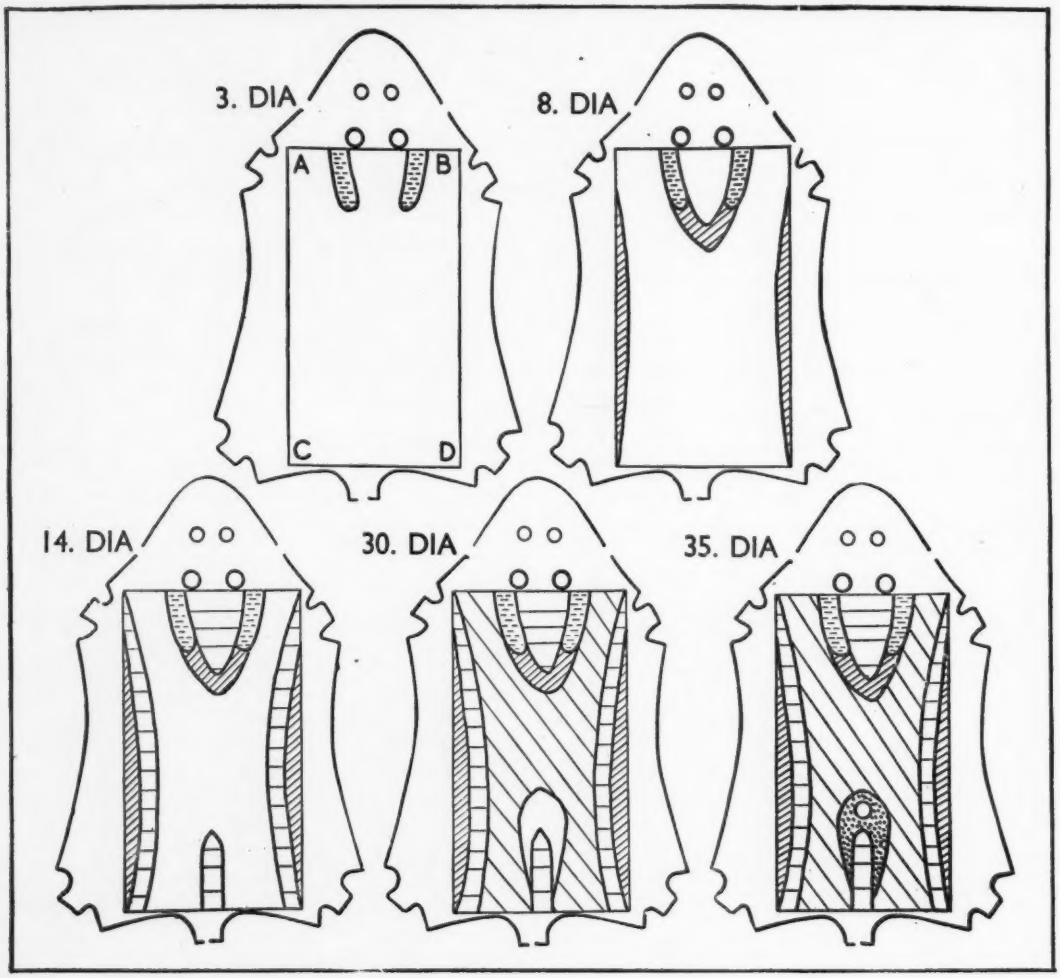


DIAGRAMA I – *Indicación esquemática de la regeneración del pelo al cabo de 3, 8, 14, 30 y 35 días después del esquile del área ABCD en una sola rata. Después de 3 días el crecimiento se limita a las dos fajas hacia detrás de las orejas. Cinco días después estas zonas convergen y se han unido en la línea media central, mientras que nuevas zonas de regeneración aparecen lateralmente. Estas zonas han realizado un notable avance al cabo de 14 días, y el área comprendida entre la bifurcación anterior está ya recubierta y el crecimiento se ha extendido a una estrecha cuña desde la base de la cola. Dieciseis días después los frentes de crecimiento lateral se han extendido sobre una distancia considerable, y la regeneración llega a ser completa al cabo de 35 días, excepto por un pequeño islote en la línea media. Así, las áreas sombreadas de forma parecida corresponden a aquellas en que el pelo está creciendo simultaneamente y en las cuales la pigmentación de la aloxacina debería aparecer al mismo tiempo después de la administración de tal substancia. Puede observarse que se mantiene una notable simetría durante el proceso.*

una alimentación así continuada durante varias semanas, las áreas de pigmentación se extienden gradualmente hasta que todo el pelaje ofrece una coloración relativamente uniforme. Además cuando tal substancia se añade a la alimentación de las hembras que amamantan una camada, es acarreada por la leche y la coloración característica aparece en el pelaje de las crías. En este caso la pigmentación es casi uniforme desde el principio del experimento debido a que el primer pelaje crece de manera general y sólo más tarde se inicia la renovación en distintas zonas (figura 6).

NATURALEZA DEL PIGMENTO DEL PELO

La figura 7 muestra la sección transversal de la zona pigmentada del pelo de un animal que había recibido una sola inyección. Haremos notar dos

FIGURA 1

FIGURA 2

Estas ratas albinas habían recibido una inyección intraperitonal de 25 mg de fenil-benzo-aloxacina hacía dos semanas; la coloración amarillo-anaranjada empezó a notarse ocho días después de la inyección. La coloración excepcionalmente difusa de la rata de la izquierda puede compararse con la de la rata de la derecha que tiene una distribución mucho más definida, y restringida a una faja lateral en ambos flancos. (Con permiso de los Laboratorios de Investigación Kodak.)

puntos importantes: Primeramente sólo una porción de los pelos (probablemente aquellos en crecimiento activo) muestran la coloración amarilla; en segundo lugar, la pigmentación se halla localizada en la corteza del pelo. Se estableció que la coloración producida por 9-fenil-5 : 6-benzo-*iso*-aloxacina es debida a la localización de la substancia inyectada, o de un derivado, en las zonas de crecimiento, pero no donde no hay tal; se obtuvo confirmación de este último punto por medio del examen del mismo pigmento tal como lo aisló el Dr L. A. Elson.

Con el fin de aislar el pigmento se tomaron algunos gramos de pelo y se calentaron con ácido acético glacial. Después de enfriarlo se añadió cloroformo, se filtró y el filtrado se lavó con agua. Después de separar la capa de cloroformo, se la secó con sulfato de sodio y fué sometida a cromatografía. Bajo la luz ultravioleta el cromatograma mostró una intensa banda de adsorción amarilla, tal como se muestra en la figura 13; esta fué eliminada por medio de cloroformo con 1% de ácido acético glacial, seguido de un lavaje para eliminar el ácido, secado y filtrado. El Dr E. M. F. Roe examinó entonces el espectro de absorción ultravioleta de este extracto, y fué primeramente comparado con el de la substancia inyectada y después con el espectro de un extracto preparado de manera análoga partiendo de un pelo normal. La figura 12 muestra el resultado así obtenido; de ello se deduce que el compuesto original o algún derivado simple, difícilmente separable bajo las condiciones del proceso, se halla presente en el separado fluorescente amarillo. Por este medio se pudo determinar también que el contenido de 9-fenil-5 : 6-benzo-*iso*-aloxacina era de 0,1 a 0,2 mg en el extracto fluorescente obtenido de 1 gramo de pelo.

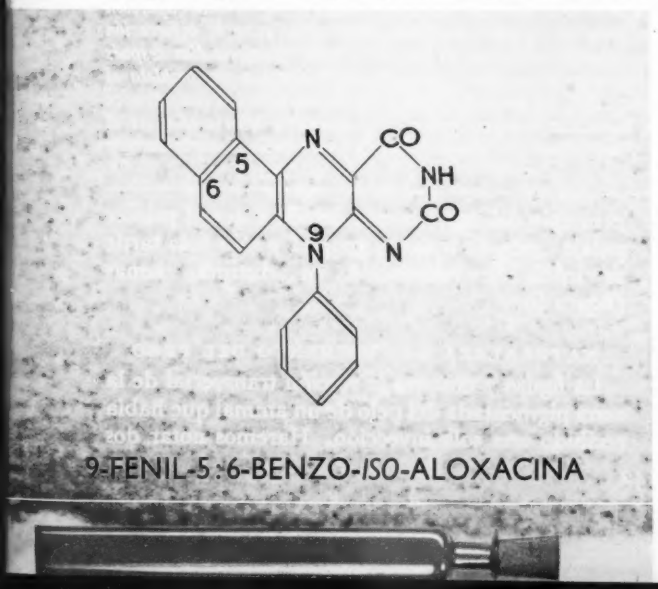


FIGURA 3 – 9-*fenil*-5:6-*benzo*-iso-*aloxacina*. *Fórmula y coloración de esta substancia activa de pigmentación.*

MECANISMO DE LOCALIZACION

Quedó así virtualmente establecido que el origen del pigmento del pelo radicaba en la substancia inyectada y que su localización dependía del crecimiento de aquel. El probable proceso de

FIGURA 4 – *Piel de rata* ($\times 1/2$) *que muestra la coloración simétrica producida por dos inyecciones intraperitonales, con un intervalo de una semana, de 25 mg. de 9-fenil-5 : 6-benzo-iso-aloxacina en aceite de cacahuete. Los resultados de inyecciones espaciadas son una prueba de que la marca resultante no es de un carácter individual definido para cada animal, sinó que depende de cuando se administra la inyección.*

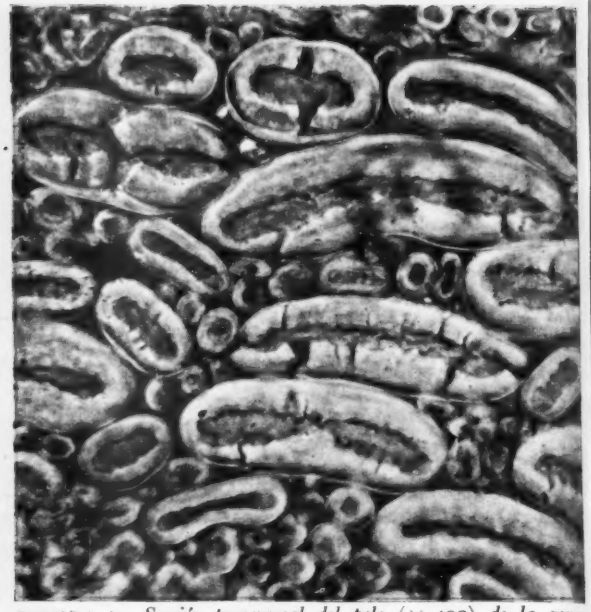


FIGURA 7 – *Sección transversal del pelo* ($\times$ 400) *de la zona pigmentada de una rata, la cual ha recibido una sola inyección. Puede verse que sólo una cierta proporción de los pelos tiene pigmento.*

FIGURA 6 (*encima*) – *Coloración inicialmente producida por ingestión de la aloxacina en la leche de la madre, la cual había recibido dosis de tal substancia junto con su dieta alimenticia, empezando pocos días después del nacimiento de las crías. Después del destete se continuó la administración bucal de tal substancia. Obsérvese la excepcional profundidad, intensidad y extensión de la pigmentación.*

(*Fotografía del Sr Frank Goulden.*)

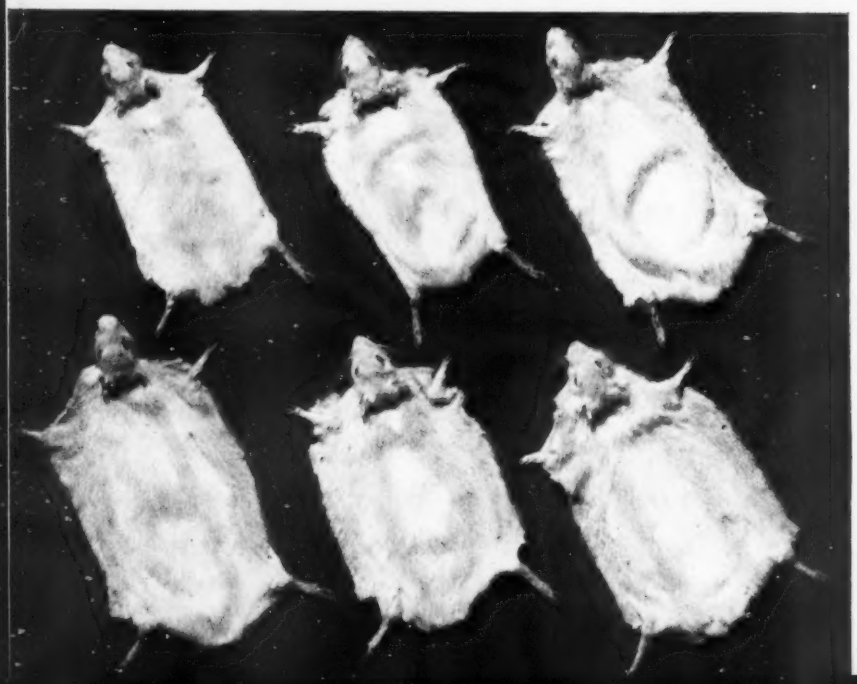


FIGURA 5 (*izquierda*) – *Varias pieles de ratas, las cuales habían recibido dos dosis de aloxacina con un intervalo de una semana. Se han dispuesto ordenadamente para ilustrar la variedad de marcas individuales y la presunta relación entre ellas como miembros de una serie.* ($\times 1/4$).

FIGURA 8 – *Piel de una rata normal a los pocos días de haber sido esquilada. La regeneración del pelo aparece uniforme en ambos lados y estaba avanzando hacia la línea central cuando se le dió una inyección intravenosa de azul de clorazol y se la mató.* (× 2/5).

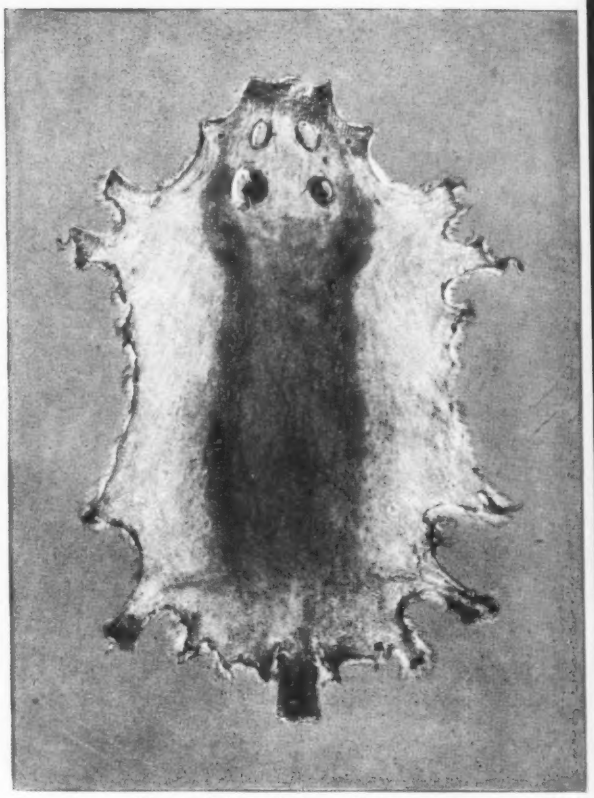


FIGURA 9 – *Cara inferior. La inyección intravenosa con azul de clorazol muestra que la mayor densidad de los capilares corresponde en las partes correspondientes al borde del frente de propagación del crecimiento del pelo, tal como aparece en la figura 8.* (× 2/5).

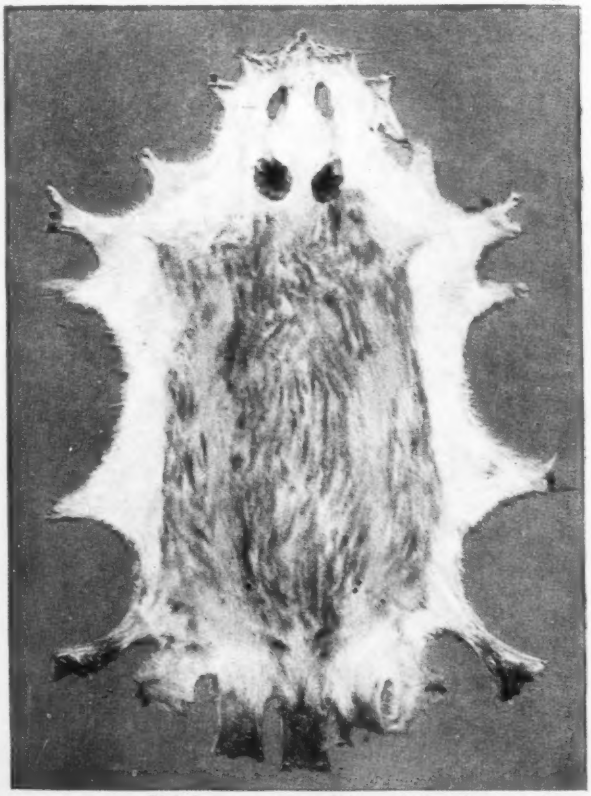


FIGURA 10 – *Piel de una rata que fué esquilada primero, y luego*

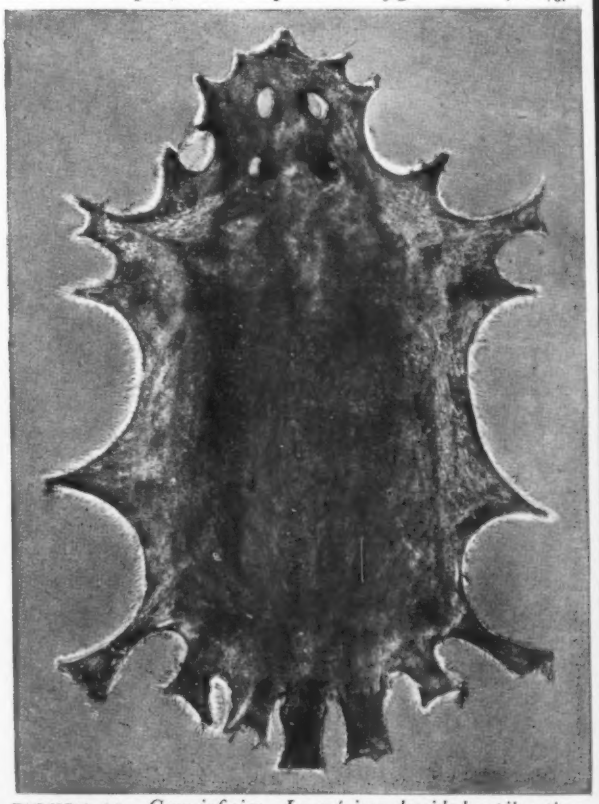


FIGURA 11 – *Cara inferior. La máxima densidad capilar tiene*

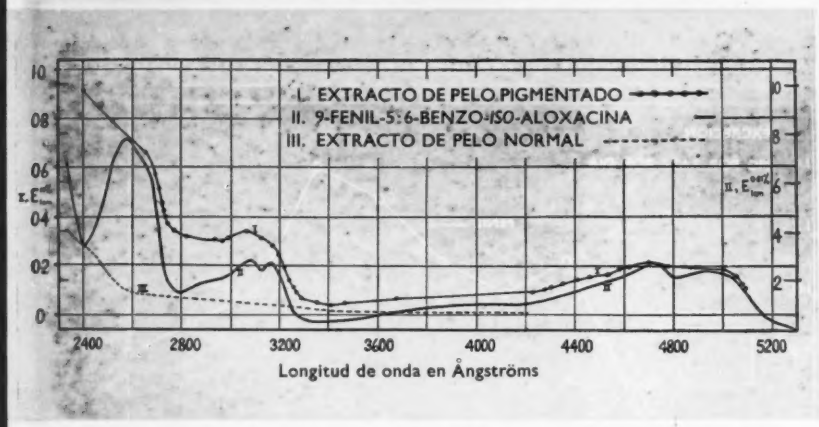


FIGURA 12 – *Espectro de absorción de un extracto del 9-fenil-5 : 6-benzo-iso-aloxacina comparado con el espectro de un extracto de cloroformo de pelo coloreado y con el de un extracto patrón de un pelo albino normal. Estas medidas de comparación indican que el pigmento que penetra en el pelo después de la admistración de la aloxacina es o bien la misma substancia o bien un derivado espectroscópicamente análogo.*

FIGURA 13 – *Fluorescencia bajo la luz ultravioleta del pigmento fuertemente adsorbido y separado por cromatografía del extracto final de cloroformo de pelo pigmentado.*
(*Fotografía de la Srta Hilda Robertson del* Royal Cancer Hospital.)

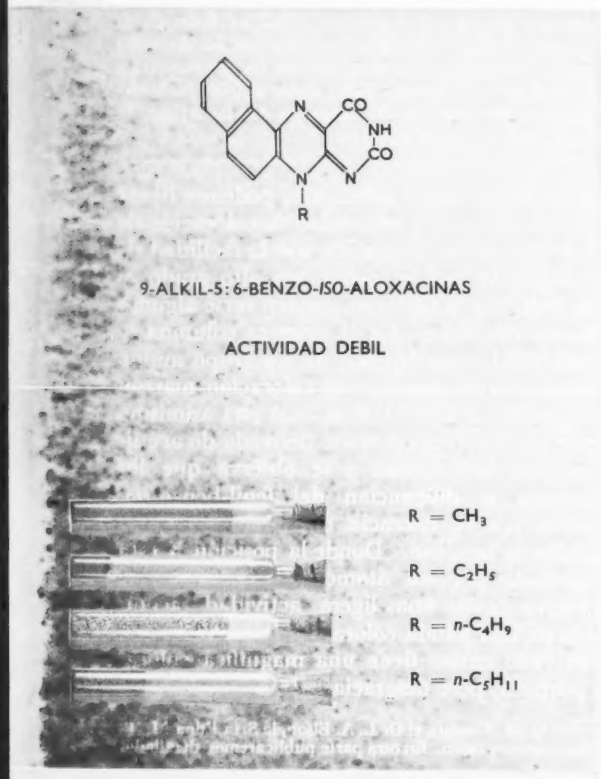


FIGURA 14 – *9-alkilo-5:6-benzo-iso-aloxacina; ejemplos de compuestos de reducida actividad.*

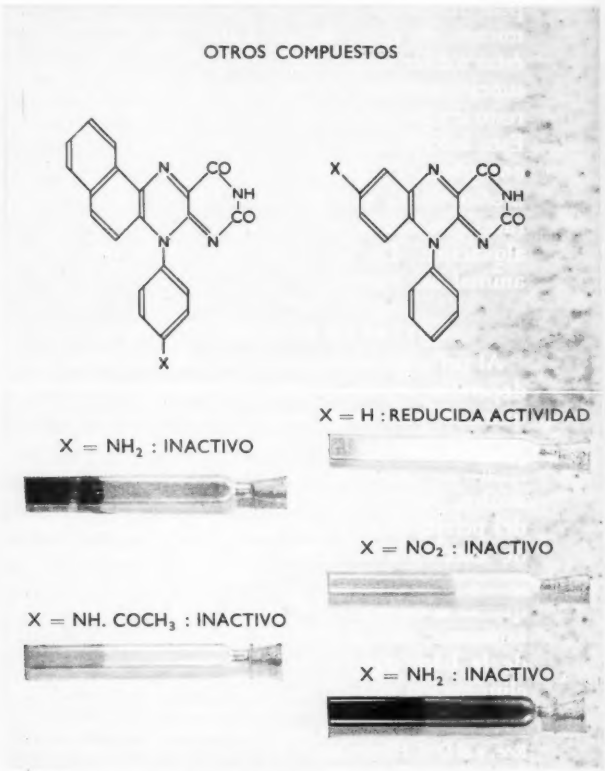


FIGURA 15 – *Resultados del ensayo con otros compuestos derivados del 9-fenil-iso-aloxacina o del 9-fenil-5 : 6-benzo-iso-aloxacina.*

tal localización pudo probarse por medio de experimentos sobre la circulación en los folículos capilares — en los que el sistema capilar aparecía claro por medio de la inyección intravenosa de azul de clorazol (figura 8). La figura 9 muestra la cara inferior de tal preparación y se observa claramente que la mayor densidad de los capilares corresponde con el borde en el frente de avance del crecimiento del pelo. Esta observación parece ser completamente nueva y da base a la idea que el desplazamiento de las áreas de crecimiento está en relación con la diferente distribución sanguínea en los folículos capilares. Es probable, asimismo, que el pigmento penetre en las zonas de crecimiento, en parte debido a que éstas son las únicas con cambios suficientemente activos con el resto de la circulación general. Esta interpretación recibió una completa confirmación por medio de la evidenciación de los capilares de ratas que habían sido esquiladas e inyectadas con aloxacina. La figura 10 muestra la piel de un animal así tratado.

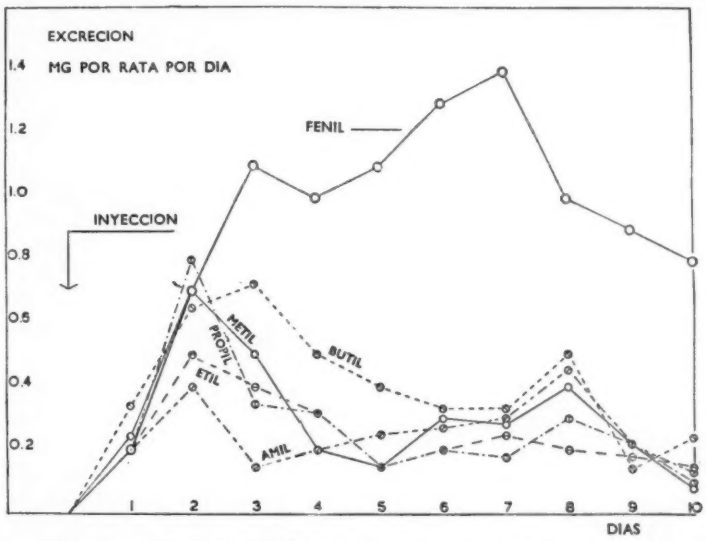


DIAGRAMA II – *Excreción del pigmento a través de las heces fecales y de la orina después de una inyección intraperitonal de seis 9-substituídos 5 : 6-benzo-iso-aloxacinas. Todos estos compuestos son capaces de penetrar el pelo en desarrollo de la rata, por más que el compuesto fenílico es mucho más efectivo que los derivados alkílicos; puede observarse que la velocidad y el nivel de eliminación son mayores y se mantienen con valores más altos por más tiempo. Estos hechos reflejan probablemente una considerable aptitud para la absorción del compuesto por los tejidos, lo que es un factor muy importante desde el aspecto biológico.*

CONCEPTO ESPECIFICO QUIMICO

Al principio creímos que la coloración del pelo dependía especialmente del concepto específico químico, pero luego se observó que los compuestos indicados en la figura 14, en los cuales el grupo fenil ha sido reemplazado por otros grupos alkilos, pueden también dar lugar a coloraciones del pelaje, aunque en menor grado. El progreso de excreción de todos estos compuestos puede verse en el diagrama II. Resulta fácil observar que el compuesto que posee mayor actividad es, asimismo, más fácilmente eliminado. Si se parte de la base que la magnitud de la cantidad de eliminación está en relación con la que los tejidos absorben de la misma substancia, podemos llegar a la conclusión que la intensidad de coloración de estas series está en correlación con la facilidad de absorción — la cual es debida en alto grado al grupo fenil. En la figura 15 pueden verse algunos resultados obtenidos. En la primera columna se observa que la introducción de un grupo amino en la posición X produce una coloración marrón pero suprime la actividad, la cual está asimismo ausente en el correspondiente derivado de acetil-amino. En la columna 2 se observa que los compuestos se diferencian del fenil-benzo-*iso*-aloxacina por su carencia del residuo angular del anillo de benceno. Donde la posición X está representada por un átomo de hidrógeno, el compuesto posee una ligera actividad acompañada de una pálida coloración amarillo limón. Su derivado amino tiene una magnífica coloración púrpura, pero desgraciadamente es inactivo.

Queremos hacer constar nuestro agradecimiento por la contribución que el Sr G. M. Timmis, el Dr L. A. Elson, la Srta Edna M. F. Roe, y el Dr I. Hieger, han tenido en este trabajo en sus aspectos químico, bioquímico y físico. En otra parte publicaremos detalladamente sus investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

[1] HADDOW, A., ELSON, L. A., ROE, EDNA M. F., RUDALL, K. M., y TIMMIS, G. M. *Nature*, 1945, **155**, 379.

[2] LETTRÉ, H., y FERNHOLZ, M.-E. *Ber. deut. chem. Ges.*, 1940, **73**, 436.

Venenos específicos

R. E. SLADE

Todos los organismos vivos poseen reacciones idiosincráticas respecto de distintos compuestos químicos, y por lo tanto resulta teóricamente posible descubrir o producir por síntesis venenos específicos para una especie particular de animal o planta. Sin embargo, no fué fácil convertir esta teoría en realidad, y sólo durante los últimos diez años se ha logrado un apreciable progreso. Pero hasta ahora no se conoce claramente el proceso de la toxicidad específica.

Los trabajos de Pasteur y de Lister sirvieron de base para confirmar que la mayoría de enfermedades son originadas por bacterias u otros microorganismos; y esto condujo a la búsqueda de substancias capaces de destruir los microorganismos causantes de la infección, pero que fueran innocuas para los tejidos del cuerpo. El fenol fué escogido por Lister como la substancia que posee la combinación más satisfactoria entre un elevado poder bactericida con una mínima toxicidad para los tejidos humanos. Por medio del uso del fenol los principales orígenes de infección, tales como los instrumentos quirúrgicos y vendajes, pueden ser perfectamente esterilizados. Sin embargo, su toxicidad es demasiado elevada para que se le pueda inyectar en la corriente circulatoria cuando se trate de combatir infecciones generales.

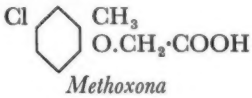
Fleming había demostrado en 1928 que el medio de cultivo del moho Penicillium notatum era capaz de destruir ciertas clases de bacterias, especialmente los estafilococos. Algunos años después, en 1938, esta cuestión fué investigada concienzudamente por Florey y Chain, quienes lograron aislar la penicilina que es el principio activo del medio de cultivo. Esta substancia ejerce una acción específica muy marcada. En ella hay combinadas una elevada toxicidad contra las bacterias Gram-positivas, tales como los estreptococos y estafilococos, junto con una toxicidad despreciable para los tejidos animales. Desde este punto de vista resulta ser un agente terapéutico ideal. Se ha logrado, asimismo, aislar otros productos bactericidas derivados de mohos que poseen una acción específica contra determinadas bacterias, pero ninguno de ellos es de acción tan específica como la penicilina.

Desde que el hombre inició el cultivo de la tierra se le presentó el problema de prevenir el crecimiento de las malas hierbas. Hasta hace poco su destrucción se realizaba especialmente por medios mecánicos, tales como el uso del arado o de la azada. Sin embargo, durante los últimos años se han descubierto un buen número de substancias específicamente nocivas para muchas malezas pero inofensivas para la mayoría de los cereales. En 1934, Kögl, Haagen-Smit y Erxleben encontraron que en la orina existía una substancia relacionada con el crecimiento de las plantas, parecida a las auxinas. Esta substancia fué llamada hetero-auxina y fué químicamente identificada como el ácido β-indolil-acético.

La intervención esencial de las auxinas en el funcionamiento vital de las plantas había sido ya demostrada por Wendt quien las llamó « substancias de crecimiento ». Una acción notable de las auxinas es la propiedad que tienen de que una cantidad insignificante de las mismas aplicada a un lado de un tallo en crecimiento le hace doblarse hacia el lado opuesto al cabo de pocas horas. Cantidades mayores producen el crecimiento de raicillas en el tallo. Investigaciones más profundas mostraron que substancias químicamente relacionadas, tales como el ácido α-naftil-acético, poseían parecidas propiedades biológicas.

En el año 1937, en el Canadá, Grace halló que en determinados terrenos las cosechas de lechuga podían ser incrementadas hasta de un 300 por ciento esparciendo ácido α-naftil-acético en la proporción de 370 mg por hectárea; mientras que dosis superiores tendían a reducir la producción. En la Gran Bretaña, Templeman y Marmoy confirmaron este último punto, pero en los suelos en que ellos experimentaron no pudieron hallar confirmación de los efectos beneficiosos de las pequeñas dosis tales como Grace indicó. Slade y Templeman decidieron hacer una prueba por medio del uso del ácido α-naftil-acético para controlar el crecimiento de la mostaza silvestre en los campos de trigo, y Templeman halló que distribuída en una proporción de 28 kg por hectárea resultaba extremadamente eficaz para la destrucción de tal hierba, en tanto que su efecto era casi nulo para el trigo, la avena o la cebada. Tal efecto específico era ya esperado, puesto que las

substancias de crecimiento se comportan muy distintamente en su influencia sobre el crecimiento de las raíces de diferentes plantas; y la toxicidad del ácido α-naftil-acético no es sorprendente si se tiene en cuenta que puede ocasionar crecimientos muy anormales aun empleado en exiguas cantidades. La aplicación del ácido α-naftil-acético en grandes cantidades como matahierbas resulta demasiado cara para ser de uso general, pero posteriormente se ha hallado que existen muchas otras substancias que poseen cualidades parecidas. Templeman halló varias substancias de un conjunto preparado por Sexton, que eran mucho más tóxicas para las malas hierbas que no el ácido α-naftil-acético, en tanto que eran inofensivas para los cereales, aun en concentraciones capaces de destruir las malezas. Uno de estos compuestos, el ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético, ha sido desarrollado como un matahierbas comercial bajo el nombre de « methoxona ».



Methoxona

Este compuesto destruye la mayoría de las malas hierbas comunes en los campos de trigo, si se le aplica en concentraciones de 0,5 a 2 kg por hectárea.

Se sabe bien que las auxinas, o sea las substancias de crecimiento natural de las plantas, tienen distintos efectos sobre éstas. No influyen en la división de las células pero producen una distensión plástica de sus paredes; las células sufren una elongación por ósmosis. Las auxinas son la causa del crecimiento hacia arriba de los tallos y hacia abajo de las raíces, y son también causa de que las plantas se doblen hacia la luz. Cuando se hallan presentes en el suelo detienen el crecimiento de las raíces. En vista de estos diversos efectos no es de extrañar que cuando cantidades considerables de substancias sintéticas que producen efectos semejantes se hallen en contacto con las plantas, toda la economía funcional de éstas sufra un serio desequilibrio. Sin embargo, no es posible aún explicar el porqué de las notables variaciones en la sensibilidad de las plantas para tales substancias. Quizás, ello tenga alguna relación con la capacidad de su absorción por el protoplasma. Su valor como matahierbas es debido al hecho de que las plantas monocotiledóneas — a cuya familia pertenecen el césped, trigo, avena, centeno, cebada, — son en general mucho menos sensibles que las dicotiledóneas, que crecen en medio de aquellas como malas hierbas.

Muchos insectos son dañinos y molestos. Las moscas, mosquitos, pulgas, piojos y chinches afectan al hombre. Las garrapatas, moscardones, pulgas y piojos atacan a los animales. Los saltamontes, gorgojos, ácaros, afidios, destruyen las cosechas mientras que las polillas, gorgojos y cucarachas destruyen los productos almacenados. Es por ende muy necesario el uso de venenos que maten los insectos, pero para poder usarlos en gran escala es preciso que su acción sea principalmente específica, no deben tener efectos nocivos para el hombre o los animales, ni deben ser perjudiciales al follaje cuando se emplean por medio de pulvorizadores.

Las flores de la matricaria eran ya conocidas de los árabes como destructoras de insectos y gusanos, pero hace tan sólo unos 70 u 80 años que se emplean productos químicos para destruir insectos. Hasta hace poco tiempo, los principales insecticidas usados eran la matricaria, derris, nicotina, ácido cianhídrico, *p*-diclorobenceno y varios cianatos orgánicos junto con venenos inorgánicos tales como el óxido de arsénico, los arseniatos y las sales de plomo. Es aconsejable desechar el uso de los venenos inorgánicos debido a su elevada toxicidad para la vida animal.

De entre todos estos insecticidas, sólo los principios activos de la matricaria y derris, o sea la piretrina y la rotenona respectivamente, afectan a los insectos, aun en reducidas dosis, y no son nocivos para los animales. Hace ya bastantes años que se ha intentado hallar diferentes productos sintéticos que puedan reemplazar a ambas substancias. Durante el período 1934–39 Lean, junto con otros investigadores, estudió las propiedades insecticidas de varios millares de substancias tomando como base de sus experimentos el gorgojo del trigo, moscas, saltamontes, mosquitos y ciertas variedades de afidios. De esta manera se encontraron muchas substancias de variado poder insecticida pero ninguna tan eficaz como la piretrina o la rotenona. Muchas de las substancias con poder insecticida son asimismo nocivas para los animales y para las plantas.

En 1939 se dió un nuevo cambio al método de investigación. Se escogió un número limitado de insectos nocivos y se procedió a estudiar los procedimientos y substancias químicas más eficaces para combatirlos. A comienzos del 1942 la atención se concentró respecto al escarabajo del nabo. Entre las substancias ensayadas estaban el heptaclorocicloexano y el octoclorocicloexano. Se ensayó asimismo una muestra de hexacloruro de benceno o sea 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaclorocicloexano;

para facilitar la nomenclatura se le llamó 666. Los ensayos llevados a cabo durante el verano del 1942 tanto en el laboratorio como en el campo fueron muy satisfactorios, por más que la toxicidad parecía variar de una a otra muestra. Por fin durante el verano del 1943 se decidió usar hexacloruro de benceno en lugar de derris, y el polvo se elaboró según tipos patrón de acuerdo con las pruebas biológicas. Se emplearon algunos centenares de toneladas, y se confirmó que era al menos tan eficaz como los polvos a base de derris.

Entretanto se procedió a investigar la causa de las variaciones observadas en la acción de las diferentes muestras y se puso especial atención en la posibilidad de que existiera mezclada alguna impureza o que los distintos isómeros del hexacloruro de benceno poseyeran diferentes grados de actividad.

Miguel Faraday fué el primero en preparar el hexacloruro de benceno por medio de la cloración del benceno bajo la acción de la luz. En 1833, Mitscherlich describió la descomposición del hexacloruro de benceno en triclorobenceno por medio de bases alcalinas. Péligot y Laurent fijaron su composición en 1836. Meunier demostró que existían dos isómeros, el isómero alfa que tiene una temperatura de fusión de 157° C y el beta que lo tiene mucho más elevado. En 1912, van der Linden probó la existencia de cuatro isómeros.

En 1942, Burrage y otros, obtuvieron cantidades puras de los isómeros alfa y beta, y procedieron a investigar su toxicidad para diferentes insectos. Ninguno de ellos resultó muy tóxico, y el isómero beta lo era poquísimo. A principios del 1943 lograron aislar el isómero gama, y se observó que su toxicidad para el gorgojo era mayor que la de ninguna otra substancia previamente estudiada. El isómero delta tenía una toxicidad moderada. Por lo tanto resultó así comprobado que la toxicidad del hexacloruro de benceno era principalmente debida al isómero gama, al cual se le denominó « gamexano ».

Estos cuatro isómeros pueden separarse del 666 en bruto haciendo uso de sus diferentes solubilidades en distintos disolventes tales como benceno, cloroformo o alcohol metílico.

Los puntos de fusión de estos isómeros son los siguientes:

TABLA I

Alfa ..	157·5–158° C	Gamma ..	112·5° C
Beta ..	309° C	Delta ..	138–139° C

La estructura atómica de los cuatro isómeros conocidos puede deducirse por medio de modelos atómicos en los cuales las distancias entre los átomos son proporcionales a las determinadas por medio del análisis con rayos X.

La figura 1 muestra los seis átomos de carbono tal como se hallan en el anillo del cicloexano. Obsérvese que tres átomos de carbono se hallan en un plano, en tanto que los otros tres se hallan en otro. El modelo atómico de la figura 2 es el resultado de la adición de tres átomos de hidrógeno encima de los tres átomos de carbono superiores y de otros tres átomos de hidrógeno a los tres átomos de carbono inferiores y, finalmente, de seis átomos de cloro al anillo exterior. En ambas figuras el modelo superior de mayor tamaño fué fotografiado directamente con una cámara mientras que el modelo inferior más pequeño es la vista de la parte de abajo del modelo superior reflejada en un espejo. Este modelo atómico tiene un centro de simetría y es, por lo tanto, el isómero beta, el cual cristaliza según el sistema regular, y por medio del análisis con rayos X se ha comprobado que es de simetría central.

En la figura 3 uno de los átomos de hidrógeno unido a un átomo de carbono del plano inferior ha cambiado su lugar con el átomo de cloro unido al mismo carbono, de tal manera que en este isómero tenemos un átomo de cloro en el plano inferior y un átomo de hidrógeno en el anillo exterior. La presencia del cloro en el plano inferior puede observarse en la imagen reflejada en el espejo.

De la figura 3 se desprende que no hay lugar para otro átomo de cloro que pueda reemplazar a uno de los dos átomos de hidrógeno restantes en la capa inferior, pero un átomo de cloro puede cambiar de lugar con uno de los tres átomos de hidrógeno de la capa superior. Este último puede ser ya el átomo de hidrógeno posterior, tal como aparece substituído en la figura 4, o bien uno de los otros dos. En la figura 5 ha sido substituído el de la derecha y en la figura 6 lo ha sido el de la izquierda. Estas dos variedades no son idénticas sino que son imágenes simétricas respecto de un plano. Es probable que ambas posean el mismo punto de fusión y que formen conjuntamente uno de los isómeros conocidos. Nosotros creemos que éste es el isómero alfa y que la figura 4 representa el isómero delta. Por medio de un estudio estadístico del proceso aditivo de cloración, Burrage dedujo que la distribución de los átomos del cloro en el isómero alfa, el cual incluye las dos

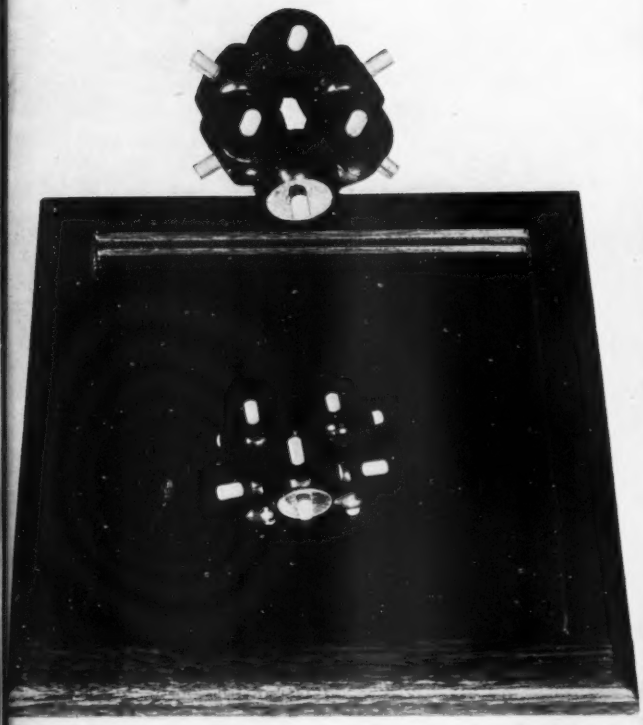


FIGURA 1

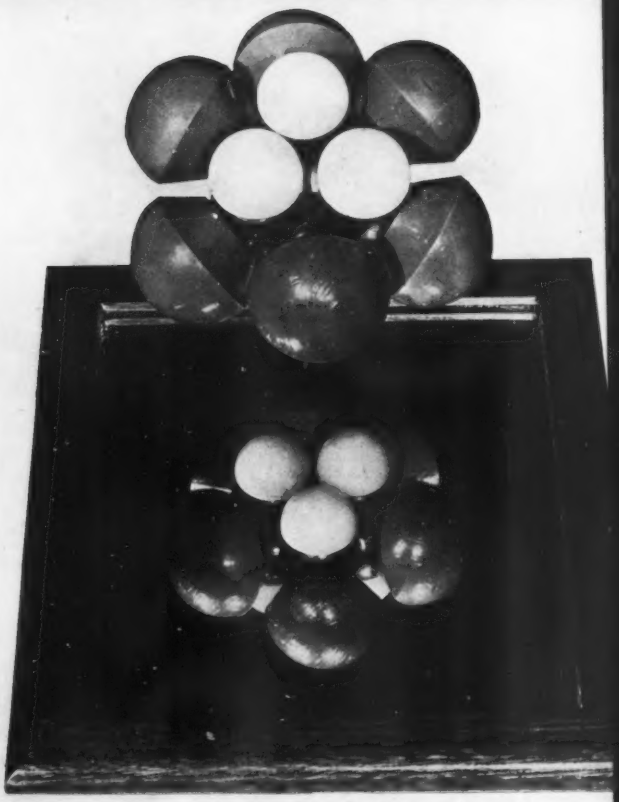
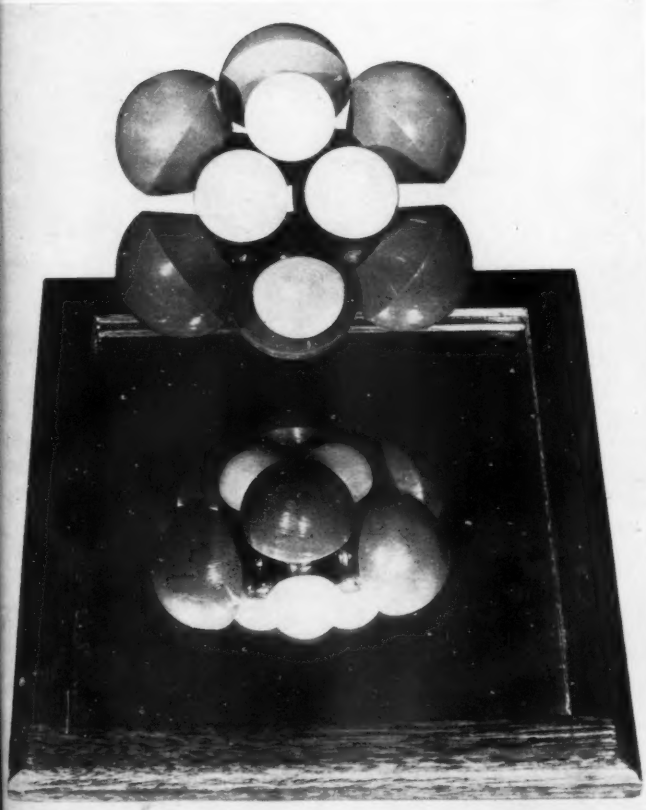
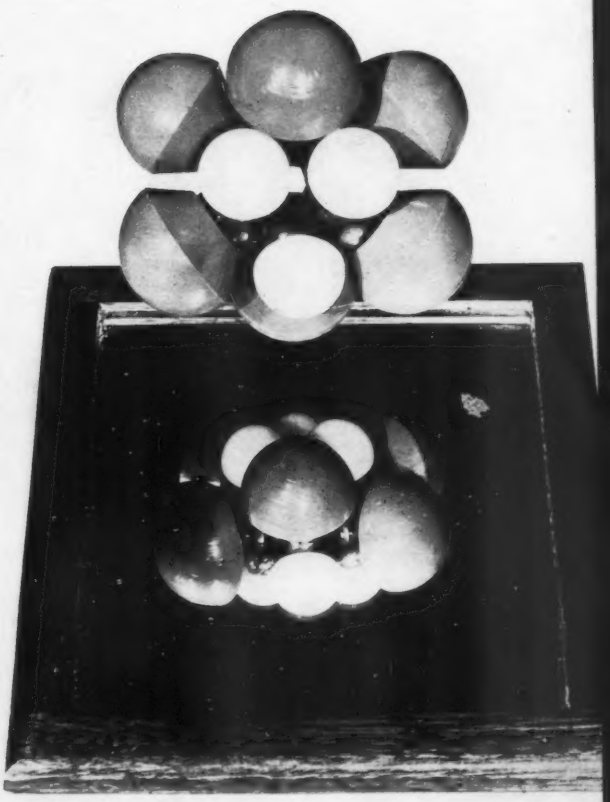


FIGURA 2





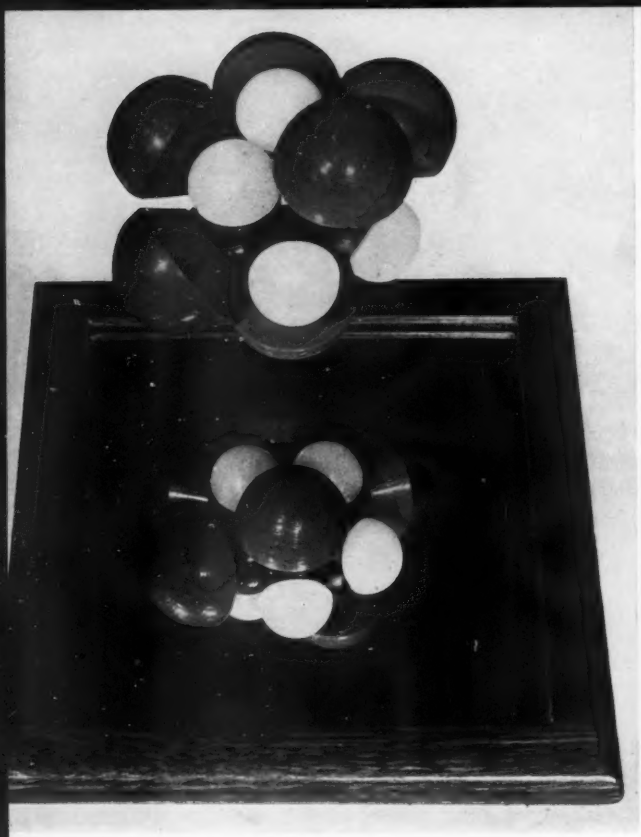


FIGURA 5

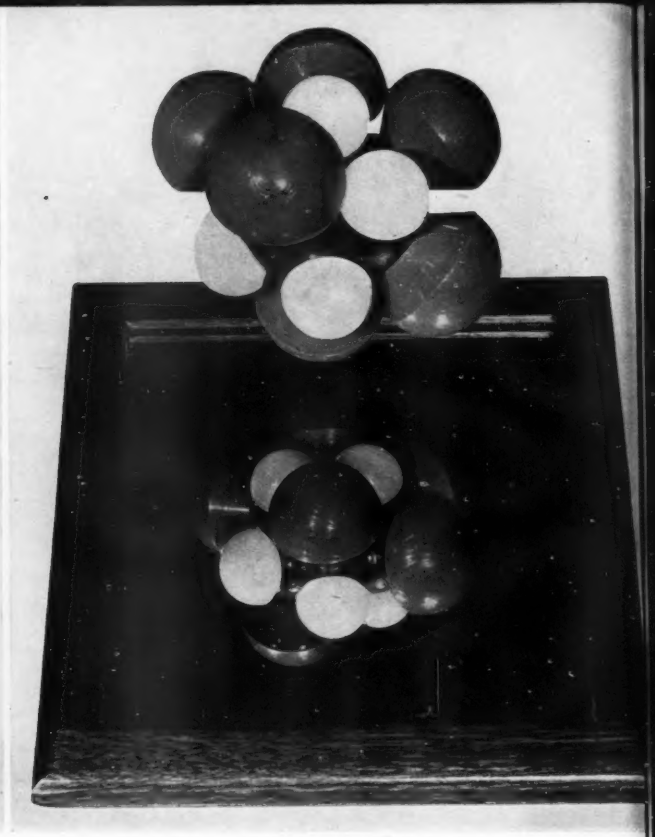


FIGURA 6

formas simétricas antes mencionadas, tiene la mayor probabilidad mientras que la distribución de los átomos de cloro en el isómero con simetría central tiene una probabilidad mínima.

Se ha observado que en el producto de cloración existe aproximadamente un 5 por ciento de isómero beta y hasta un 70 por ciento de isómero alfa. Esto hace creer que el isómero alfa posee cualidades enantiomórficas. No se puede aún dar una definición exacta de los isómeros gama y delta hasta que se haya hecho un detallado examen con rayos X, pero parece ser que la estructura del isómero gama es tal como indica la figura 3.

TABLA II

Toxicidad relativa de los isómeros del hexacloruro de benceno para el gorgojo del trigo (Calandria granaria) *cuando se aplican en polvo*

Según H. H. S. Bovingdon

Isómero	Cantidades relativas en peso necesarias para exterminar el 50 por ciento de las plagas en 5 dias
Alfa	900
Beta	casi inofensivo
Gamma (gamexano) ..	1
Delta	5.500
D.D.T.	15

La toxicidad de estos diferentes isómeros ha sido estudiada para diferentes insectos. La tabla II indica los resultados para el gorgojo del trigo. Como base de comparación damos también las cifras para el D.D.T.(dicloro-difenil-tricloroetano), otro nuevo potente insecticida. Para la mosca común se han encontrado parecidos resultados.

La tabla III indica la toxicidad de los diferentes insecticidas, incluso el gamexano y el D.D.T. para las larvas del mosquito de la fiebre amarilla.

El gamexano es especialmente tóxico para la langosta, y los resultados de las pruebas efectuadas en el Norte de Africa indican que esta substancia servirá para combatirla eficazmente. La tabla IV indica los resultados de las pruebas de toxicidad contra la langosta.

Aunque el gamexano es tan altamente tóxico para los insectos, lo es muy poco para los animales y casi no afecta en nada a las hojas de las plantas. Su toxicidad contra las ratas ha sido ensayada por E. L. Taylor quien la expresó según la

cantidad necesaria por cada kilogramo de peso del animal para matar el 50 por ciento de ellos en un término de siete días. En todos los casos la substancia fué introducida directamente al estómago; los resultados obtenidos pueden verse en la tabla V.

TABLA III

Toxicidad de diferentes insecticidas para la larva del mosquito de la fiebre amarilla (Aedes Aegypti)

Según F. J. D. Thomas

Insecticida	kg/ hectárea	Porcentage de larvas muertas		
		Después de 1 día	Después de 2 días	Después de 3 días
Hexacloruro de benceno 666 en crudo	0,56 0,067	0 0	23 0	93 20
Gamexano	0,56 0,067	0 0	97 33	100 80
Cianuro cuproso ..	0,56 0,067	47 30	73 40	87 65
D.D.T.	0,56 0,067	0 0	43 23	97 47
Polvo de acarreo sólo	11,20	0	0	13

TABLA IV

Ensayos de laboratorio con cebo envenenado contra la langosta emigrante Africana

(Locusta migratoria migratoriodes)

Según M. D. Price

Insecticida	Por ciento de concentración en el cebo	Porcentage muerto después de 2 días
Hexacloruro de benceno 666 en crudo	0,02	62
Arseniato de sodio ..	4,00	66
Hexacloruro de benceno 666 en crudo	0,05	96
D.D.T.	0,2	57

TABLA V

Isómero alfa	1,7 g por kg
Isómero beta	No mató ningún animal
Isómero gama	0,19 g por kg
Isómero delta	1,00 g por kg
Mezcla de isómeros	1,25 g por kg

La toxicidad crónica ha sido investigada alimentando ratas con dosis reducidas durante varias semanas seguidas. Los resultados obtenidos indican que pequeñas cantidades pueden ser eliminadas sin daño alguno, incluso después de dos meses de tratamiento. El efecto cutáneo ha sido estudiado pintando la piel y las colas de las ratas dos veces al día con una emulsión al 5 por ciento de una mezcla de los distintos isómeros. Después de quince dias no se había notado efecto alguno. Taylor ha demostrado que el gamexano es tóxico para el parásito « notoedric mange » de las ratas en concentraciones que no afectan al portador del parásito.

Parece ser que el peligro para los animales o para el hombre debido al uso del 666 o gamexano es muy pequeño o nulo; pero con los productos químicos nuevos debe tenerse mucho cuidado por los posibles efectos que ellos puedan tener sobre la piel, debido a que es difícil deducir de los experimentos con animales su acción sobre el hombre.

Es muy notable que el gamexano o isómero gama, sea el insecticida más poderoso conocido hasta el presente. Su acción no es aún perfectamente conocida, pero los siguientes hechos son bien indicativos. El inositol tiene una estructura parecida al hexacloruro de benceno, excepto por los átomos de cloro que están reemplazados por grupos hidroxilo. El inositol es, pues, 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexahidroxicicloexano. Ha sido demostrado que el isómero de inositol, que aparece en la naturaleza, el *meso*-inositol, tiene una estructura similar a la sugerida para el gamexano (figura 3). El *meso*-inositol aparece como elemento constituyente de casi todas las células vegetales y animales y su acción está relacionada con la de la vitamina B.

Debido al parecido de su estructura con la del gamexano se ha creído que este último toma el lugar del primero en una función esencial de la célula. Así la reacción normal queda detenida. Esto está de acuerdo con la teoría sobre la forma de actuación de las sulfonamidas establecida por Fildes y Woods. Ambos indicaron que la toxicidad de las sulfonamidas para las bacterias es debida a que en alguna reacción celular una molécula de sulfonamida es aceptada en lugar de la del ácido *p*-aminobenzoico de semejante estructura. Esta idea queda apoyada por el hecho que la actividad de las sulfonamidas está neutralizada por un exceso de ácido *p*-aminobenzoico. Hasta ahora no ha sido posible determinar si, análogamente, un exceso de *meso*-inositol minimizaría el efecto del gamexano sobre los insectos.

Aplicaciones recientes de la espectroscopía química

H. W. THOMPSON

El desarrollo de la espectroscopía química ha hecho que esta técnica se use en la determinación de estructuras químicas, en el análisis cualitativo y cuantitativo y para obtener información de la que se pueda calcular datos de importancia. Anteriormente la preocupación principal fué la región ultravioleta del espectro, pero recientemente lo es el estudio del espectro de absorción en el infrarrojo de compuestos de peso molecular elevado.

Según la teoría de los cuantos una molécula absorbe o emite radiaciones electromagnéticas al pasar de un nivel de energía a otro según la ecuación $E = h\nu$ en la que E es la diferencia de energía de los dos niveles y ν es la frecuencia de la radiación emitida o absorbida. La determinación de estos niveles de energía de resultados obtenidos de medidas espectroscópicas, no sólo ha aumentado considerablemente el conocimiento de la estructura de las moléculas y de las fuerzas interatómicas e intermoleculares, sino que además ha hecho que se entiendan mucho mejor las reacciones térmicas y fotoquímicas.

Cuando un átomo absorbe energía, la usa para elevar un electrón de un cierto nivel a otro superior. En el caso de las moléculas, de las que la química se ocupa principalmente, la energía absorbida se puede usar además de otras dos maneras; bien para hacer vibrar el armazón nuclear o para rotar la molécula completa. Los cuantos de energía de rotación son muy pequeños y producen absorción en el infrarrojo, a longitudes de onda de cosa de 1 cm. La absorción de cuantos de vibración produce espectros de longitudes de onda de cosa de 1 μ a 100 μ (10^{-4} a 10^{-2} cm).* La absorción de cuantos electrónicos produce espectros en el visible o en el ultravioleta, donde la longitud de onda es aún menor (10^{-4} a 2×10^{-5} cm).

Por ahora, poco se sabe de los espectros de longitud de onda de 1 cm aunque los adelantos de la radiotelefonía con ondas ultracortas prometen abrir un campo extensísismo de investigación. El estudio de este tema no sólo podría conducir a la correlación de los niveles de energía de rotación con la estructura molecular, sino que además, en el caso de sólidos y de líquidos, al conocimiento fundamental sobre la disipación de energía — pérdida de potencia — debida a la dispersión dieléctrica anormal. En este respecto la función de los dipoles moleculares es de importancia, y podemos esperar obtener una teoría matemática más exacta de éste fenómeno cuando se disponga de más resultados experimentales.

Ha sido determinado ya el espectro electrónico de muchas moléculas diatómicas. Relacionados con el cambio de energía electrónica hay una serie de cambios en la energía de vibración, y con cada uno de estos cambios puede haber un cambio simultáneo en la energía de rotación. Estos cambios en la energía de rotación producen un grupo de frecuencias en el espectro que se llama una banda, y a las series de bandas asociadas con una transición electrónica se llama un sistema de bandas. La estructura de rotación dentro de una banda está determinada por dos factores, los momentos de inercia de la molécula en los dos estados entre los que la transición tiene lugar, y la naturaleza de los estados electrónicos afectados. El análisis de la estructura de rotación da por lo tanto valores para los momentos de inercia y, consecuentemente, para la longitud de los enlaces.

De la distribución de las bandas de vibración en un sistema se puede a menudo determinar el calor de disociación de la molécula y la frecuencia fundamental de vibración, y derivar otros resultados importantes, tales como la función que representa la variación de energía potencial de la molécula durante una vibración. Considerando a una molécula diatómica como dos puntos de masa que vibran con un movimiento armónico simple, se puede calcular la constante de fuerza del enlace al estirarse, por medio de la frecuencia fundamental. Esta magnitud ha sido útil para comparar enlaces simples, múltiples e híbridos. Hay también ecuaciones empíricas que relacionan la constante de fuerza de un enlace entre dos átomos determinados con la longitud de este

enlace, lo que permite calcular esta última magnitud cuando por alguna razón no se la puede medir directamente. Finalmente, hoy día es posible calcular con gran exactitud propiedades termodinámicas de las moléculas, tales como la energía libre, entropía y calor específico, de medidas de la frecuencia de vibración y del momento de inercia. Así se han obtenido valores exactos para la constante de equilibrio de muchas reacciones en las que esta constante no se puede medir por otros métodos.

A diferencia de lo que ocurre con una molécula diatómica, la absorción de energía electrónica hace que a menudo las moléculas poliatómicas se disocien. Por lo tanto los espectros de emisión de estas moléculas no se observan sino raramente, y los espectros de absorción en el visible o en el ultravioleta están formados generalmente de zonas anchas de absorción contínua. En los pocos casos en los que se han observado bandas debidas a rotación, se han calculado los momentos de inercia y otros datos estructurales. Algunos espectros que muestran bandas de una estructura parcialmente resuelta han sido relacionados con procesos asociados con alteraciones fotoquímicas. Generalmente el espectro de estas moléculas grandes sólo se puede usar como una curva que muestra la variación del coeficiente de extinción molecular con la longitud de onda. Estas curvas de absorción han sido muy útiles en problemas analíticos, ya que sirven para determinar, tanto cualitativa como cuantitativamente, muchas substancias orgánicas de interés biológico muy complejas, como por ejemplo hormonas, vitaminas, colorantes vegetales, porfirinas y sus derivados. Además, se ha encontrado que algunos grupos de átomos tienen caracter cromofórico y absorben fuertemente a ciertas longitudes de onda características, mientras que otras diferencias estructurales tales como la substitución en orto-, meta- y para- producen desplazamientos característicos. Los resultados hacen posible determinar en muchas substancias orgánicas complicadas la presencia de ciertos grupos, o decidir entre varias estructuras posibles.

La mayor parte del espectro de vibración y de rotación en el infrarrojo puede explorarse con espectrómetros de prisma en los que espejos reemplazan a las lentes y en los que el prisma y las celdas están hechos de cuarzo, sal de roca, fluorita o las sales de potasio de los halógenos. La radiación se determina con aparatos termoeléctricos. Varios adelantos técnicos han hecho que los espectrómetros hayan sido reemplazados por aparatos registradores automáticos como el que se muestra en la figura 2, que son mucho más rápidos.

Comparándose las radiaciones que pasan por la substancia en cuestión con las que pasan por una celda vacía, o por aire, se obtienen curvas que muestran el porcentaje de transmisión a varias longitudes de onda. Si se desea un poder de resolución muy grande se usan espectroscopios de enrejado.

Una molécula diatómica sólo puede vibrar de una manera, mientras que una molécula poliatómica puede vibrar de muchas formas. La asociación de n átomos libres tiene $3n$ libertades de translación. Cuando estos átomos están unidos formando una molécula, tres de las posibilidades de libertad son utilizadas en movimientos de translación, y como la molécula podrá rotar alrededor de estos tres ejes perpendiculares quedan $(3n - 6)$ posibilidades libres para los demás movimientos en su interior. Estos son los modos de vibración « normales ». Cualquier vibración del sistema puede derivarse combinando dos o más de las vibraciones normales en diferentes fases. En las moléculas lineales tales como HCN o C_2H_2, como hay sólo dos libertades efectivas de rotación, habrá $(3n - 5)$ vibraciones normales, y en algunas moléculas en las que además de las tres rotaciones normales tiene lugar una rotación interna, hay $(3n - 7)$ vibraciones.

En algunas moléculas simétricas simples se puede especificar la forma geométrica de estas oscilaciones y clasificarlas en varios tipos. Así por ejemplo en la figura 1, las vibraciones del anhídrido carbónico (A) y del acetileno (C) son o bien vibraciones en las que el movimiento tiene lugar a lo largo de los enlaces de valencia, o bien vibraciones de deformación en las que el movimiento es en dirección perpendicular a los enlaces. En las vibraciones de moléculas de forma de triángulo isósceles, como por ejemplo en H_2O, las vibraciones también tienen lugar principalmente a lo largo de los enlaces (B1 y B2) o bien una dirección perpendicular (B3). En algunos casos se pueden imaginar las vibraciones como de báscula, volteo, doblado o torcido de las moléculas, lo que se muestra en la figura para una molécula como la del etileno.

A menudo también pueden distinguirse las vibraciones moleculares por un tipo de simetría y por la manera en la que el momento eléctrico varía durante el movimiento. Es de esperar que cuando una molécula es irradiada por un rayo de infrarrojo que comprenda todas las frecuencias, la molécula en cuestión absorba las frecuencias

que corresponden a cada una de las formas de vibración normal. Generalmente esto no ocurre, la radiación es absorbida sólo cuando la vibración está acompañada de una variación del momento eléctrico y la intensidad de la absorción depende de la magnitud de esta variación. Consecuentemente, moléculas homonucleares tales como las del nitrógeno no absorben en el infrarrojo y lo mismo ocurre con las vibraciones tales como A1 y C1 en la figura 1. Otra consecuencia es que las vibraciones que se observan en un caso determinado serán absorbidas con diferente intensidad. En las vibraciones en las que hay un cambio de momento eléctrico, este cambio es a veces paralelo y a veces perpendicular a un plano o a un eje de simetría; pero esta simplificación es posible sólo cuando hay un plano o un eje de simetría y en el caso más frecuente, cuando la molécula es asimétrica, las vibraciones son de un tipo híbrido.

Algunas moléculas pequeñas, lo suficientemente volátiles para ser estudiadas en forma gaseosa, tienen momentos de inercia lo bastante pequeños para que sea posible resolver la estructura de rotación de sus bandas. El arreglo de estas líneas de rotación varía según la dirección, relativa al eje de simetría en la que tiene lugar la variación del momento eléctrico; pero continuando las medidas en varias bandas se pueden a menudo determinar los tres momentos principales de inercia. Entonces puede que sea posible calcular la longitud de los enlaces y los ángulos, pero hay que tener en cuenta que en la mayor parte de los casos el número de parámetros desconocidos (longitudes de enlace y ángulos) son más de tres, que es el número máximo de momentos únicos de inercia, y en estos casos la estructura molecular no se puede determinar completamente, a menos que se asuma el valor de algunos de los parámetros. En algunos casos se ha usado el deuterio para resolver ambiguedades. En el caso de ácido cianhídrico (HCN) sólo hay un momento de inercia pero hay dos longitudes diferentes de enlaces. La medida del momento de inercia del DCN da un segundo momento de inercia para las mismas longitudes de enlace y por lo tanto dos ecuaciones de las que la distancia de los enlaces se puede determinar con gran exactitud.

Mucha información de este tipo se ha obtenido con moléculas sencillas, tales como las derivadas halogenadas del radical metilo, los primeros miembros de las series hidrocarbonos y con moléculas piramidales tales como el amoníaco. Al aumentar el tamaño de las moléculas, su momento de inercia aumenta tanto que hace que la estructura de rotación no aparezca resuelta, pero el «contorno» o «cubierta» de esta estructura a veces se puede utilizar para calcular los momentos de inercia. A veces este contorno o estructura de rotación parcialmente resuelta, indica la dirección del cambio del momento eléctrico en un tipo de vibración determinada y de esta forma se pueden deducir de una manera cuantitativa resultados de

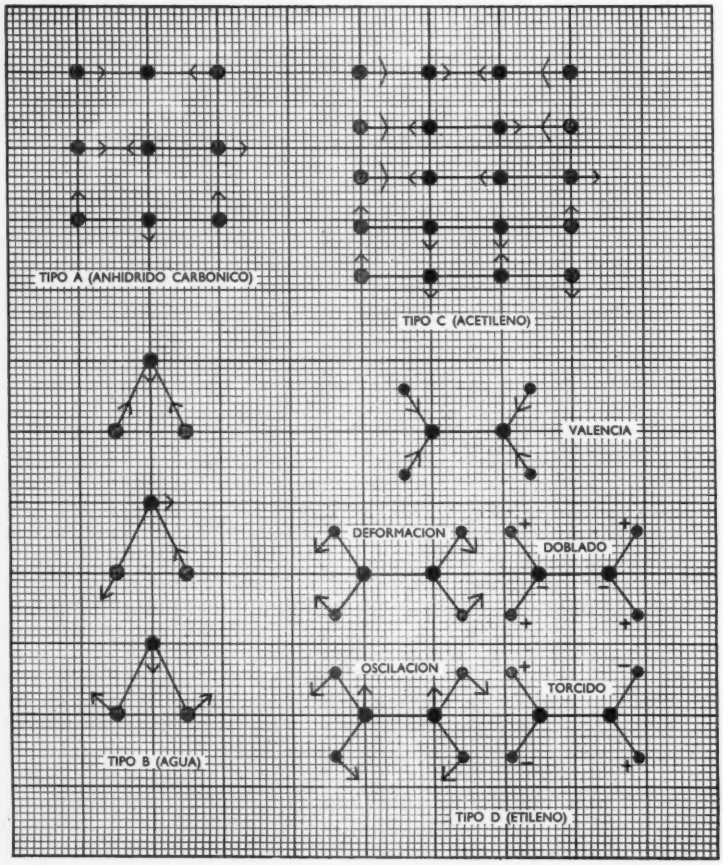


FIGURA 1

importancia para decidir la configuración de moléculas en las que hay varias alternativas estereoquímicas.

Con moléculas mayores, que son la mayoría, y que hay que examinar como sólidos o en forma de soluciones, solamente es posible determinar las frecuencias de vibración, y los resultados se pueden usar de dos maneras. Cuando pueden ser determinadas todas las frecuencias de vibración relacionándolas a modos de vibración normales, los valores obtenidos se pueden usar para calcular otras propiedades más importantes tales como las constantes de fuerza para estirar los enlaces o para variar los ángulos, y las propiedades termodinámicas. Con la mayoría de las moléculas esto no se consigue fácilmente. Como previamente se ha dicho puede haber vibraciones que no aparezcan en el espectro de absorción. Sin embargo, estas vibraciones pueden manifestarse en el espectro Raman, donde la aparición de una frecuencia está gobernada por cambios de polarizibilidad durante la vibración, más bien que por cambios de momento eléctrico; o a veces las frecuencias se obtienen de resultados de fluorescencia.

Se ha intentado a menudo calcular las constantes de fuerza, pero aparte de las dificultades matemáticas, sabemos ahora que si se escoje un valor de la energía de vibración que no sea completamente satisfactorio, todos los resultados pueden ser dudosos, y no hay métodos fácilmente disponibles para comprobar si estos resultados son dignos de confianza. La comparación de los valores calculados con las medidas para las constantes termodinámicas han dado mejores resultados. Los valores calculados concuerdan bien con los obtenidos por medida del calor específico o de la entropía de muchas moléculas con un esqueleto rígido. Con otras moléculas las diferencias han sido relacionadas con la aparición de rotaciones internas, más o menos restringidas, de grupos alrededor de un enlace simple. El potencial de las bandas de energías que resisten esta tensión interna se ha determinado en un número de ejemplos lo suficientemente grande para que se haya empezado a formular los motivos por los que hay restricción de rotación libre alrededor de varios tipos de enlaces simples.

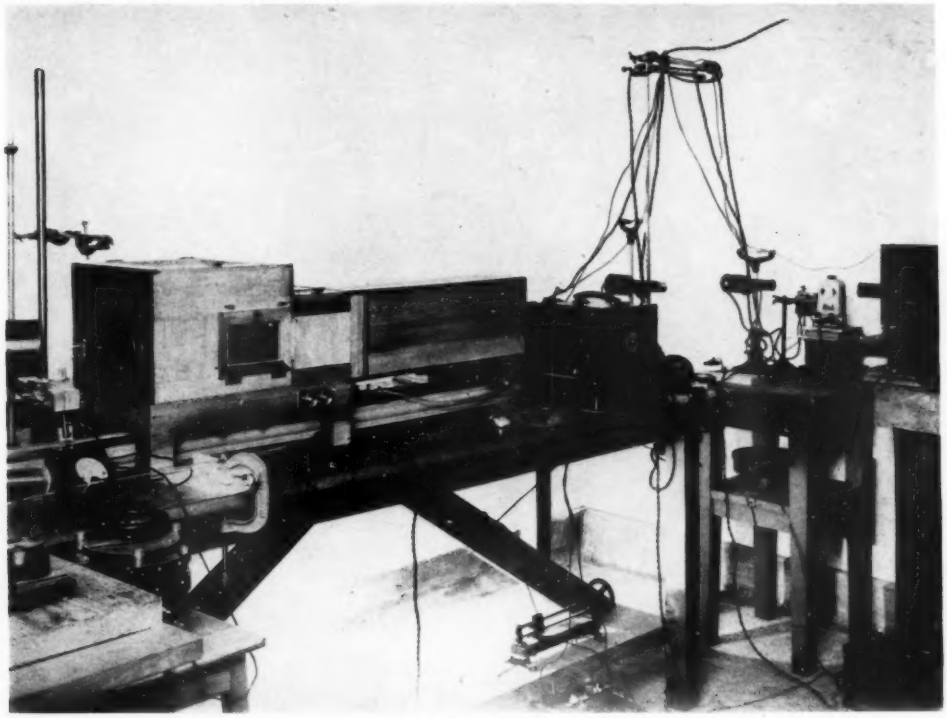


FIGURA 2

Sin embargo, la utilidad de la espectroscopía en el infrarrojo no está limitada al ideal de determinar y de designar correctamente todas las

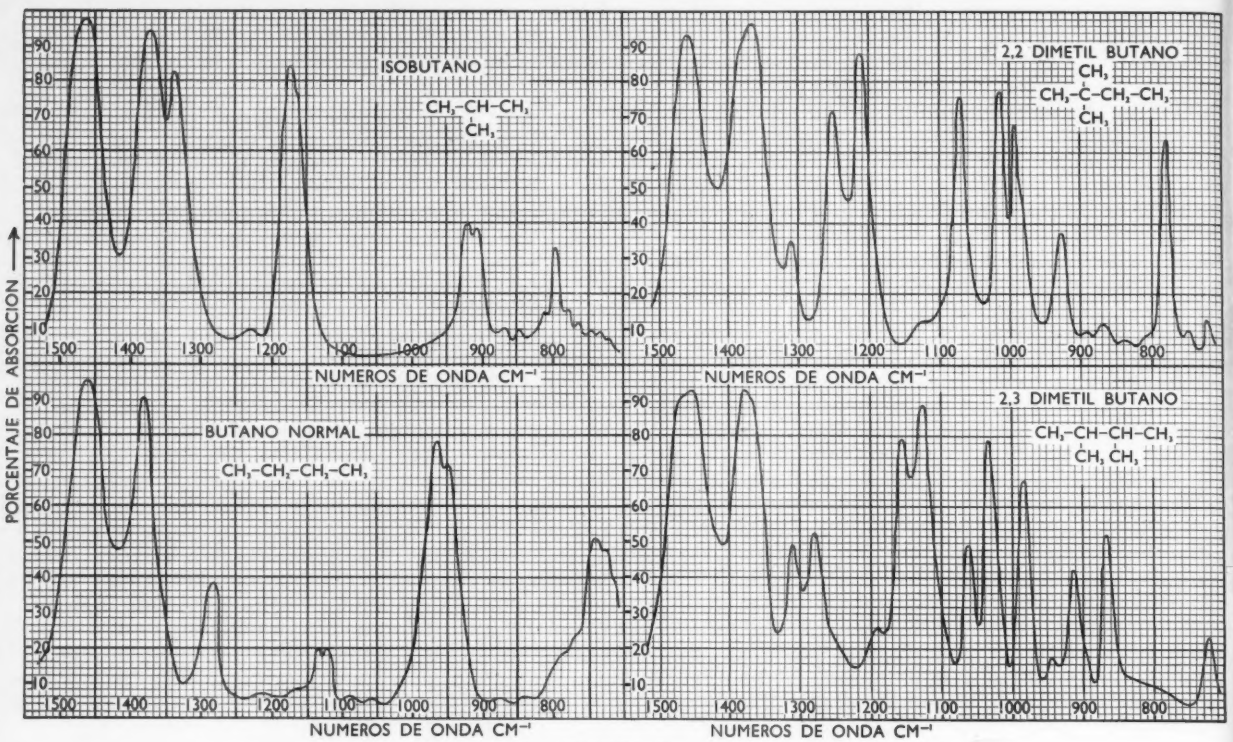


FIGURA 3

frecuencias de vibración, sino que su poder como un instrumento de análisis tanto cualitativo como cuantitativo está siendo reconocido. Por ejemplo, se ha visto por experiencia que algunos grupos (C = C, C = O, OH) tienen frecuencias de vibración que permanecen casi sin variar cuando los grupos aparecen en distintas moléculas. Si una substancia que se sepa que tiene un O–H, no muestra la banda de absorción característica en el infrarrojo se puede deducir que este grupo ha sido modificado.

La individualidad del espectro de vibración de una molécula grande tiene otras consecuencias que son aun más importantes. En principio, si dos moléculas tienen un esqueleto nuclear diferente no pueden tener la misma colección de frecuencias, y éste debe de ser el caso en dos moléculas tan parecidas como un par de isómeros *cis-trans*. La figura 3 muestra los espectros del butano normal y del isobutano (*a*) y de dos hexanos isoméricos (*b*). En ambos casos hay diferencias tan características que cada uno de los isómeros se puede determinar directamente en una mezcla de ambos. La figura 4 muestra un par de dimetil-butadienos isoméricos, el análisis de cuya mezcla por los métodos químicos ordinarios es muy díficil, o imposible. Cada uno de los isómeros muestra una banda característica en distintas longitudes de onda y el análisis se puede

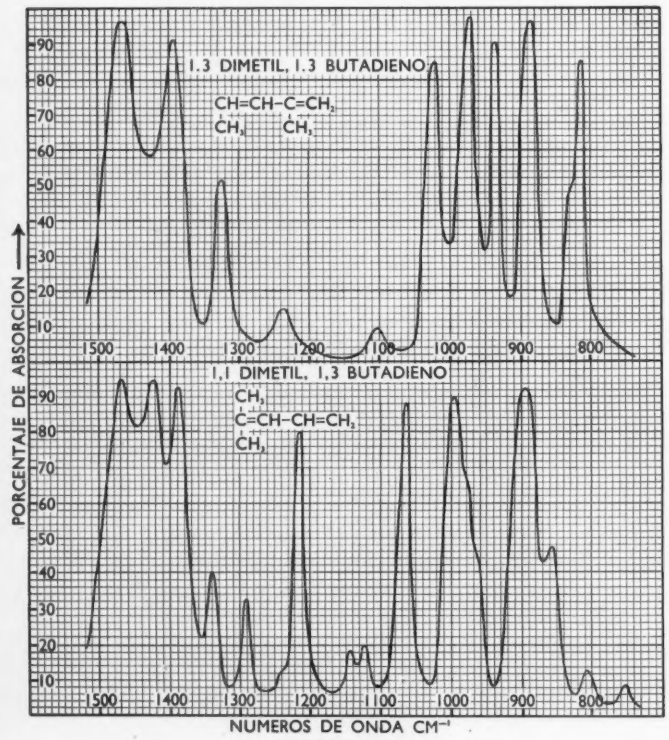


FIGURA 4

PORCENTAJE DE ACIERTOS
90
80
70
60
50
40
30
20
10
90
80
70
60
50
40
30
20
10

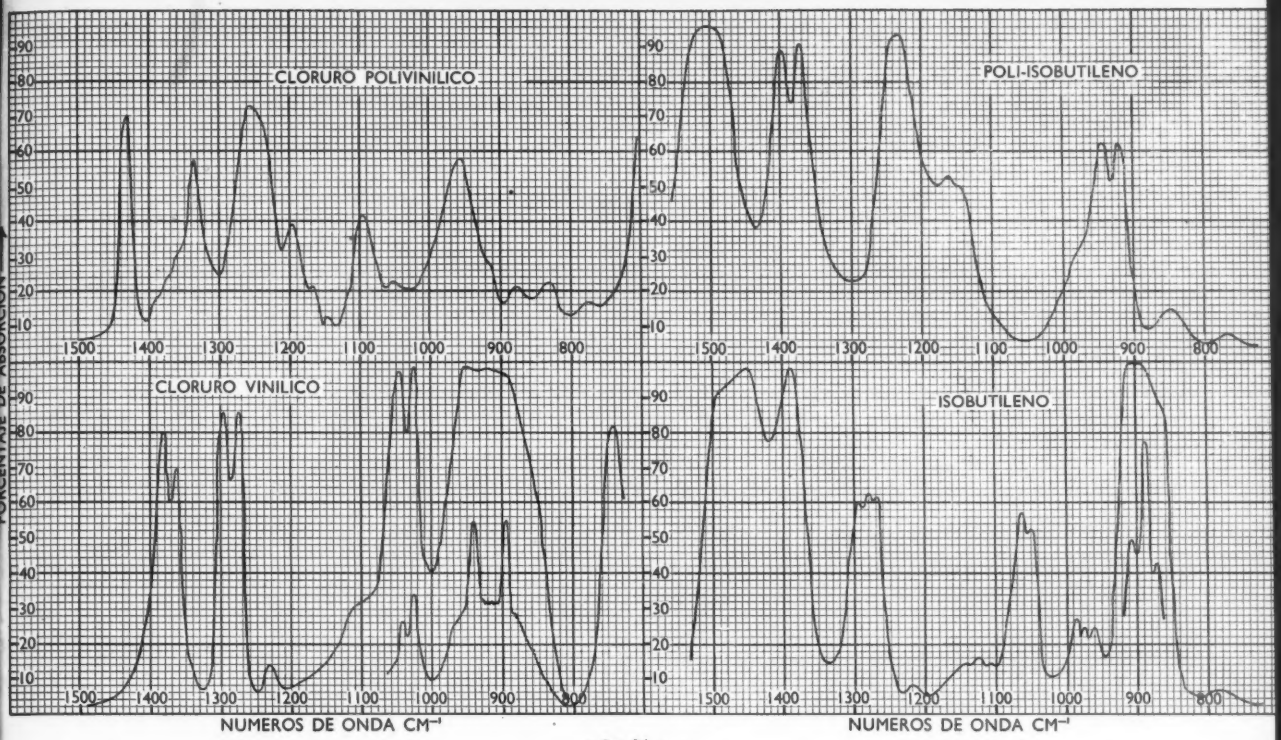


FIGURA 5

hacer en unos pocos minutos con cosa de 1 cc de substancia. Se han elaborado análisis parecidos para mezclas de cresoles y de xilenoles, y para la determinación del nuevo insecticida gamexano en una mezcla compleja de isómeros. Análisis de esta clase son mejores que los que se pueden hacer usando el efecto Raman y también en muchos casos son preferibles a aquellos en que se hace uso de la absorción en el ultravioleta, ya que estos últimos consisten con frecuencia en regiones de absorción contínua mientras que en el infrarrojo se obtienen bandas características y bien delimitadas.

Otro campo en el que la absorción en el infrarrojo ya ha encontrado aplicaciones de interés es en la química de los polímeros. Por lo que se ha dicho anteriormente es claro que un polímero debe tener un espectro de absorción diferente del monómero de que está formado. La figura 5 muestra los espectros del cloruro polivinílico y del poliisobutileno, con los de sus monómeros. Tenemos por lo tanto un método muy conveniente para medir la velocidad de polimerización y para controlar su proceso. Sin embargo, es más importante el que con este método se puedan seguir simultaneamente el mecanismo de estas polimerizaciones y obtener una idea de la estructura de los plásticos, gomas o polímeros que se forman. Tenemos ya evidencia de que de la misma manera que las bandas de vibración de enlaces tales como C=O y O–H no varían en diferentes compuestos, pequeñas partes del esqueleto nuclear pueden tener un grupo de frecuencias de vibración que sean constantes, sea cual fuere el resto de la molécula. Del estudio de las olefinas sencillas se ha visto que es posible identificar varios tipos de etilenos substituídos por medio de sus bandas de absorción características. Esto permite determinar la proporción de adición en 1,2 o en 1,4 en hidrocarbonos diénicos conjugados tales como 1,3 butadieno o isopreno. Cuando el 1,3 butadieno se polimeriza, la adición en 1,4 da lugar a la estructura

$$-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-$$

y la adición en 1,2 produce el tipo

$$\begin{array}{ccccc} -CH_2- & CH & -CH_2- & CH & - \\ & | & & | & \\ & CH & & CH & \\ & \| & & \| & \\ & CH_2 & & CH_2 & \end{array}$$

El espectro de absorción muestra inmediatamente la proporción de cada uno de los polímeros. Este método rápido de análisis ha hecho que se pueda determinar el efecto en la estructura del producto final de la composición química de substancias que forman copolímeros, tales como butadieno y estireno o butadieno y nitrilo acrílico, y las condiciones especiales en las que se conduce la reacción.

Revista de libros

NUEVOS MATERIALES

Materials of To-morrow, *por Paul I. Smith.* 140 *págs. y* 18 *planchas. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres.* 1945. *Precio neto:* 12*s.* 6*d.*

Abundantísimos datos nos ofrece esta obra acerca de la producción, propiedades, aplicaciones y valor económico de los productos plásticos, gomas sintéticas, maderas y aceros recientes, metales ligeros, cementos, cristales estructurales, cerámica moderna, colas sintéticas y nuevas composiciones químicas. Es evidente que la Guerra mundial No. 2 nos ha hecho entrar en el umbral de un nuevo mundo material e industrial, cada vez más preocupado con investigaciones de ciencia pura e industrial. El autor pone de relieve el hecho de que la supremacía técnica es necesaria para la seguridad nacional, e insiste en la urgencia de la institución de extensas mejoras técnicas en la educación de la Gran Bretaña. Relata que una sola compañía norteamericana invierte más dinero en gastos de investigación que todo el conjunto de los establecimientos británicos, insistiendo en que la investigación de este país debiera estar subvencionada con fondos públicos, como sucede en los E.U., en vez de ser una carga sobre el capital. Exige además el autor una rígida economía en el uso del carbón en crudo, y « la cesación inmediata de la exportación de dicho material, nuestro capital industrial principal». Urge así mismo la construcción de refinerías de petróleo en los puertos importantes del país. Canadá, con su reserva de minerales, su fuerza hidráulica y su potencial fabril, le parece ha de ser el centro comercial futuro del Imperio Británico, considerando inescapable la emigración de gran número de trabajadores especializados de la Gran Bretaña al Canadá.

Debieran nuestros políticos utilizar esta obra, tan informadora y estimulante, para ampliar sus ideas en algunos puntos de esencial interés. Desgraciadamente, el libro aparece comprimido dentro de los límites legales que las regulaciones actuales imponen a toda publicación. ¡Cuántos, como el que escribe estas líneas, no sacrificarían muchos de los materiales del futuro con tal de conseguir cantidades del buen papel de ayer!

JOHN READ

UN TRATADO SOBRE LAS ALGAS

The Structure and Reproduction of the Algae, *por F. E. Fritsch. Vol. II.* 939 *págs., con una plancha,* 2 *mapas y* 336 *ilustraciones. University Press, Cambridge.* 1945. *Precio neto:* 50*s.*

Se esperaba con señalado interés la aparición del volumen segundo del tratado de Fritsch sobre las algas. En el prefacio el autor trata de las condiciones vitales de las algas marinas en las regiones litorales y sublitorales del mundo, dándonos una breve reseña de su ecología y distribución geográfica. La mayor parte del volumen trata con todo detalle de la morfología de las algas *Phaeophyceae, Rhodophyceae* y *Myxophyceae,* habiendo adoptado en su agrupamiento recientes métodos de clasificación, e incluyendo, allí donde sea necesario, todo el material fisiológico y ecológico conducente a la mejor comprensión de la tesis general. El autor hace un sumario y crítica de todas las publicaciones aparecidas hasta mediados de 1943 que hayan podido ser obtenidas. Característica muy valiosa es la extensa lista de referencias que sirve de apéndice a cada sección. Se han incluído también numerosísimas ilustraciones tomadas de distintas fuentes, pero por desgracia algunas de ellas, y especialmente las que se refieren al ambiente de las algas, han quedado perjudicadas al reducirlas. Este volumen completa una obra que ha de hacerse clásica. Su publicación, dadas las condiciones actuales, es un triunfo que merece para su autor y editor las más calurosas felicitaciones.

LILY NEWTON

RADIOFUSION DE LA CIENCIA POPULAR

Science at Your Service, *por Julian Huxley, Sir Lawrence Bragg, E. C. Bullard, John Read, Sir Edward Appleton y otros.* 102 *págs. George Allen & Unwin Limited, Londres.* 1945. *Precio neto:* 6*s.*

El título del libro, « La Ciencia a Vuestro Servicio» ya indica su propósito. Aunque muy bien podemos imaginarnos el énfasis irónico que dicha frase tendría en labios de quien haya sido víctima de los destrozos causados por la guerra. Como ello sea, la Ciencia posee enormes potencialidades para incrementar las ventajas materiales de la vida, y para acercarnos à la Edad Dorada de la Abundancia para todas las naciones; edad que hasta ahora más bien parece un ideal inalcanzable. En esta admirable serie de charlas radiadas se enfocan doce problemas diversos: La Ciencia y la Casa, Construcción, Materias plásticas, Ropa y Tejidos, Explosivos, Exploración de la Corteza terrestre, el Tiempo, la Pesca, el Salvamento en el Mar, Diseño de Barcos, Construcción de Tuneles, y la Ciencia y la Vida nacional.

Todos los temas reseñados son importantes, no siendo sino una mínima parte de los problemas semejantes que habrán de ser tratados por la Radio en el futuro. Cada uno a su manera, todos los autores han sabido probar dos puntos esenciales: que la Ciencia tiene una parte cada día más importante en la vida personal y social; y que, a pesar del aumento de la extraordinaria complicación técnica que caracteriza el progreso de la Ciencia en nuestra generación, es muy posible, por medio del uso adecuado de la analogía e ilustración, introducir al lego en algunas de las nociones adecuadas de la Ciencia.

ALLAN FERGUSON

EL SIGNIFICADO DEL TIEMPO

Time, Knowledge and the Nebulae, *por Martin Johnson.* 189 *págs. Faber & Faber, Londres.* 1945. *Precio neto:* 12*s.* 6*d.*

Se trata de una investigación sobre el significado del tiempo, con particular referencia a la teoría de la Relatividad cinemática del Profesor E. A. Milne. El autor parte de la idea básica de la « velocidad del señal» estableciendo como una « necesidad fundamental» el que « toda velocidad de propagación del señal sea considerada como una constante en cualquier sistema coherente de conocimiento» (pág. 51).

Pero es posible concebir un universo con una base euclidiana y un éter cuya constante dieléctrica varíe de lugar en lugar, de modo que la velocidad de la luz se modifique al pasar de una región a otra. Si nuestro universo estuviese construído así, nada hubiera impedido a los científicos del siglo XIX descubrir acerca de dicho universo todos los datos que han posido descubrir acerca del universo real. Lo cual parece contradecir la aserción del Dr Johnson de que la constancia de la velocidad del señal sea una necesidad de la Ciencia.

E. T. WHITTAKER